

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 55 058.1

Anmeldetag: 25. November 2002

Anmelder/Inhaber: Loh Optikmaschinen AG, Wetzlar/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Randbearbeitung
einer optischen Linse aus Kunststoff sowie Kom-
binationswerkzeug dafür

IPC: B 23 B 5/44

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

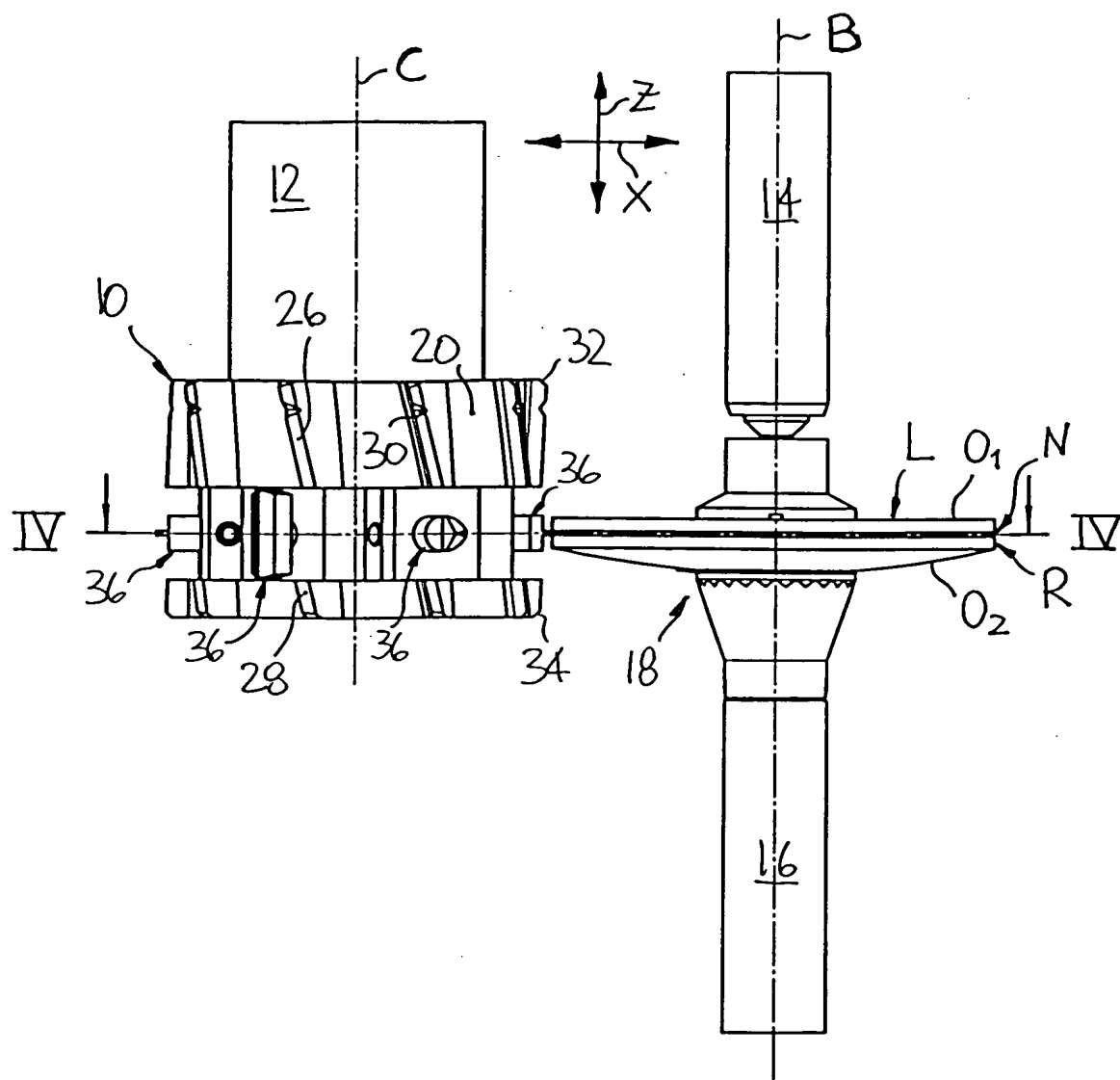
Scholz

Titel: Verfahren und Vorrichtung zur Randbearbeitung einer optischen Linse aus Kunststoff sowie Kombinationswerkzeug dafür

Zusammenfassung

Es wird eine Vorrichtung zur Randbearbeitung von insbesondere Kunststoff-Brillenlinsen (L) offenbart, mit zwei fluchtenden, um eine Werkstückdrehachse (B) im Drehwinkel (φ_B) geregelt drehbaren Haltewellen (14, 16), zwischen denen die Linse einspannbar ist, und einer Werkzeugspindel (12), mittels der ein Kombinationswerkzeug (10) um eine Werkzeugdrehachse (C) drehend antreibbar ist, die zu der Werkstückdrehachse parallel verläuft. Die Haltewellen und die Werkzeugspindel sind lagegeregelt in einer ersten Achsrichtung (X) aufeinander zu und ggf. in einer rechtwinklig zur ersten Achsrichtung verlaufenden zweiten Achsrichtung (Z) parallel zueinander bewegbar. Erfindungsgemäß ist für eine Drehbearbeitung des Linsenrandes (R) das Kombinationswerkzeug mittels der Werkzeugspindel im Drehwinkel (φ_C) geregelt um die Werkzeugdrehachse verschwenkbar, so daß ein am Kombinationswerkzeug vorgesehener Drehmeißel (36) mit dem Linsenrand in einen definierten Drehbearbeitungseingriff bringbar ist. Die Erfindung umfaßt auch ein kombiniertes Fräs- und Drehbearbeitungswerkzeug sowie ein kombiniertes Fräs- und Drehbearbeitungsverfahren. Im Ergebnis ist der Linsenrand sehr flexibel, schnell und mit hoher Bearbeitungsqualität bearbeitbar.

(Fig. 2)



**Verfahren und Vorrichtung zur Randbearbeitung
einer optischen Linse aus Kunststoff
sowie Kombinationswerkzeug dafür**

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Randbearbeitung einer optischen Linse aus Kunststoff gemäß den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 bzw. 20 sowie auf ein Kombinationswerkzeug dafür gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 12. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf die industrielle, d.h. im Hinblick auf die Genauigkeit und Bearbeitungsgeschwindigkeit optimierte Bearbeitung der Ränder von Brillenlinsen aus Kunststoffen, wie Polycarbonat, CR39 und sogenannte "HI-Index" Materialien.

Wenn nachfolgend von Brillenlinsen die Rede ist, sind darunter optische Linsen bzw. Linsenrohlinge für Brillen aus insbesondere den obigen gebräuchlichen Kunststoffmaterialien und mit beliebiger Form des Umfangsrandes der Linse bzw. des Linsenrohlings zu verstehen, die vor der Bearbeitung ihres Randes bereits an einer oder beiden optisch wirksamen Fläche(n) bearbeitet sein können aber nicht müssen.

Ziel der Brillenlinsenrandbearbeitung ist es, den Rand einer Brillenlinse so fertig zu bearbeiten, daß die Brillenlinse in ein Brillengestell bzw. eine Brillenfassung eingesetzt werden kann. Hierzu bedient man sich im Stand der Technik in der Regel eines Verfahrens (siehe z.B. die DE 101 19 662 A1 der Anmelderin), welches grob in zwei Schritte bzw. Verfahrensstufen, nämlich einen Vorbearbeitungsschritt und einen Fertigbearbeitungsschritt unterteilt werden kann, sowie einer hierfür geeigneten Randbearbeitungsvorrichtung (siehe z.B. die DE 101 14 239 A1 der Anmelderin), auch "Edger" genannt.

Beim Vorbearbeiten des Randes der Linse erhält die Linse mittels eines relativ zur Werkstückdrehachse wenigstens radial zu stellbaren und um eine Werkzeugdrehachse drehbaren Randbearbeitungswerkzeugs in der Draufsicht gesehen eine Umfangskontur, die ggf. bis auf ein geringfügiges Übermaß der Umfangskontur der Fassung für die Linse entspricht. Beim Fertigbearbeiten des Randes der Linse, welches mit einem weiteren Randbearbeitungswerkzeug erfolgt, erhält die Linse am Rand in erster Linie entsprechend ihrer an der Fassung vorgesehenen Befestigung im Querschnitt gesehen eine vorbestimmte Randgeometrie. Den jeweiligen Erfordernissen entsprechend wird beim Fertigbearbeiten die Linse am Rand auch mit einer Schutzfase am Übergang zu einer oder beiden optisch wirksamen Flächen versehen und ggf. poliert.

Die Fig. 29 bis 32 zeigen heutzutage übliche Randgrundgeometrien an fertigerandeten Brillenlinsen. In den Fig. 29 bis 32 ist die Linse L, die bei der Randbearbeitung um die Werkstückdrehachse B im Drehwinkel φ_B geregelt gedreht wird, nur in einer abgebrochenen Schnittansicht im Bereich ihres sich an die optisch wirksamen Flächen O_1 , O_2 anschließenden Randes R gezeigt. In einer Draufsicht von oben in den Fig. 29 bis 32 gesehen bildet der Rand R die Umfangskontur U der Linse L aus, die von der Kreisform abweichen kann. Nur in dem Sonderfall der Kreisform hat die Linse L an jedem Punkt ihrer Umfangskontur U einen konstanten Abstand bzw. Radius r_B zur Werkstückdrehachse B. Weicht die Umfangskontur U von der Kreisform ab, so ändert sich der Radius $r_B(\varphi_B)$ in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ_B , mit dem die Linse L um die Werkstückdrehachse B gedreht wird.

Bei der Linse L gemäß Fig. 29 wird der Rand R im Querschnitt gesehen durch eine Gerade gebildet, die parallel zur Werkstückdrehachse B verläuft. Diese Randgrundgeometrie kann die Linse L nach dem Vorbearbeiten des Randes R und auch nach dem Fertigbearbeiten des Randes R aufweisen. In letzterem Fall erfolgt die

Befestigung der Linse L am Brillengestell häufig mittels Befestigungsschrauben (nicht dargestellt), die Bohrungen (nicht gezeigt) durchgreifen, welche ausgehend von einer der optisch wirksamen Flächen O_1 , O_2 in die Linse L eingebracht sind.

5

Bei der Linse L gemäß Fig. 30 ist auf dem ansonsten geraden und parallel zur Werkstückdrehachse B verlaufenden Rand R umlaufend eine sogenannte Spitzfacette S ausgebildet, die im Querschnitt gesehen eine dreieckige Form oder anders ausgedrückt zwei Flanken K_1 , K_2 aufweist, welche einen vorbestimmten Flankenwinkel miteinander einschließen. Eine derartige Randgrundgeometrie, die die Linse L ggf. schon nach dem Vorbearbeiten, jedenfalls aber nach dem Fertigbearbeiten des Randes R aufweisen kann, ermöglicht eine formschlüssige Befestigung der Linse L am Brillengestell. Die Fassungen des Brillengestells haben hierbei

10

15

20

Die Fig. 31 zeigt eine Linse L, in deren ansonsten geraden und parallel zur Werkstückdrehachse B verlaufenden Rand R umlaufend eine Rille oder Nut N von vorbestimmter Breite und Tiefe eingebracht ist. Bei dieser Randgrundgeometrie, die die Linse L nach dem Fertigbearbeiten des Randes R aufweisen kann, dient die Nut N der Aufnahme einer an der Fassung des Brillengestells innen-

25

30

Die Linse L gemäß Fig. 32 ist am ansonsten geraden und parallel zur Werkstückdrehachse B verlaufenden Rand R mit Schutzfasen

35

F_1 , F_2 am Übergang zu beiden optisch wirksamen Flächen O_1 , O_2 versehen. Den jeweiligen Erfordernissen entsprechend kann auch nur eine Schutzfase vorgesehen sein. Bei den Schutzfasen F_1 , F_2 handelt es sich um Fasen mit einem Winkel von in der Regel 45° (Konkavseite) bzw. 60° (Konvexseite), die, wie der Name schon impliziert, verhindern sollen, daß sich der Optiker beim Einsetzen der Linse L in das Brillengestell bzw. der Brillenträger an scharfkantigen Kanten der Linse L verletzt. Derartige Schutzfasen F_1 , F_2 , die beim Fertigbearbeiten des Randes R der Linse L ausgebildet werden ("Kantenbrechen"), können auch bei den Randgrundgeometrien mit Spitzfacette S bzw. mit Nut N vorgesehen sein.

Zusätzlich zur Ausbildung dieser Randgrundgeometrien kann es den jeweiligen Erfordernissen entsprechend, namentlich dann, wenn der Rand R der am Brillengestell gefaßten Linse L noch sichtbar ist, erforderlich sein, den Rand R als weiteren Schritt der Fertigbearbeitung wenigstens teilweise zu polieren, so daß dieser an den sichtbaren Stellen keine matte, sondern eine glänzende Oberfläche aufweist.

Erwähnt sei in diesem Zusammenhang schließlich noch, daß sich insbesondere bei Linsen L , deren Umfangskontur U von der Kreisform abweicht bzw. nach der Randbearbeitung der ggf. dickenoptimierten Linse L abweichen soll, bei der Randbearbeitung der Linse L die Höhenwerte $z_B(\varphi_B)$ des Randes R und auch die Dicke des Randes R an der Eingriffsstelle zum Randbearbeitungswerkzeug in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ_B , mit dem die Linse L um die Werkstückdrehachse B gedreht wird, ändern. Um vor diesem Hintergrund zu verhindern, daß bei der Randbearbeitung der Linse L die Spitzfacette S bzw. die Nut N mit über den Umfang betrachtet sich ändernden Abständen zu den optisch wirksamen Flächen O_1 , O_2 auf dem bzw. im Rand R ausgebildet wird, was zu einem unschönen Vorspringen der gefaßten Linse L vom Brillengestell führen kann, und um zu verhindern, daß sich die Größe der z.T. sichtbaren Schutzfasen F_1 , F_2 über den Umfang gesehen in

unschöner Weise ändert, ist es üblich geworden, das Randbearbeitungswerkzeug während der Randbearbeitung nicht nur radial bezüglich der Werkstückdrehachse B zuzustellen (X-Achse), sondern ebenfalls in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ_B der Linse L auch parallel zur Werkstückdrehachse B nachzustellen (Z-Achse), so daß die Randgeometrie an vorbestimmter Höhe erzeugt wird.

Aus den obigen Ausführungen ist ersichtlich, daß es eine Vielfalt von möglichen Randgeometrien gibt, die es möglichst effizient am Rand der Linse auszubilden gilt. Neben zusätzlichen Randbearbeitungswerkzeugen, die in vorrichtungstechnisch eher aufwendiger Weise an zusätzlichen Spindeln bekannter Randbearbeitungsvorrichtungen eingesetzt wurden (siehe z.B. DE 43 08 800 A1, EP 0 820 837 B1, DE 198 34 748 A1), sind in diesem Zusammenhang auch bereits drehend antreibbare Kombinationswerkzeuge vorgeschlagen worden (siehe z.B. DE 87 11 265 U1, EP 0 705 660 B1), mittels der sowohl Vor- als auch Fertigbearbeitungsschritte ausgeführt werden können.

So offenbart die gattungsbildende EP 0 705 660 B1 ein Kombinationswerkzeug für die Brillenlinsenrandbearbeitung, mit einem fliegend lagerbaren Grundkörper, an dessen Umfang zwei Fräterschneiden diametral gegenüberliegend befestigt sind, die sich in axialer Richtung, d.h. parallel zur Werkzeugdrehachse C erstrecken. Mittels der Fräterschneiden kann die zu bearbeitende Linse am Rand so vorbearbeitet werden, daß die Linse in der Draufsicht gesehen eine Umfangskontur erhält, die ggf. bis auf ein geringfügiges Übermaß der Umfangskontur einer Fassung für die Linse entspricht. Auch ist es möglich, mittels an den Fräterschneiden vorgesehenen V-förmigen Kerben in einem Vorbearbeitungsschritt eine Spitzfacette am Rand der Linse anzulegen. Bei diesem Kombinationswerkzeugs ist des weiteren an die axiale Stirnfläche des Grundkörpers ein Feinschleifwerkzeug zum Fertigbearbeiten des Randes der Linse angeflanscht, das in seiner zylinderförmigen Schleiffläche eine umlaufende, im Quer-

schnitt V-förmige Nut zum Fertigbearbeiten der Spitzfacette aufweist. Am vom Grundkörper abgewandten Ende des Feinschleifwerkzeugs ist schließlich ein konischer Schleifabschnitt vorgesehen, mittels dessen am Rand der Linse eine Schutzfase am
5 Übergang zu nur einer der beiden optisch wirksamen Flächen angelegt werden kann.

Auch offenbart die EP 0 705 660 B1 eine Vorrichtung zur Randbearbeitung von Brillenlinsen, mit zwei fluchtenden, um eine
10 Werkstückdrehachse im Drehwinkel geregelt drehbaren Haltewellen, zwischen denen die Linse einspannbar ist. Diese Vorrichtung hat ferner eine Werkzeugspindel, mittels der das Kombinationswerkzeug um eine Werkzeugdrehachse drehend angetrieben werden kann, wobei die Werkzeugdrehachse im wesentlichen paral-
15 lel zur Werkstückdrehachse verläuft. Bei diesem Stand der Technik sind die Haltewellen und die Werkzeugspindel lagegeregelt in einer ersten Achsrichtung X aufeinander zu und in einer rechtwinklig zur ersten Achsrichtung X verlaufenden zweiten Achsrichtung Z parallel zueinander bewegbar, wofür die Werk-
20 zeugspindel auf einem Z-Schlitten angeordnet ist, während die Haltewellen auf einem X-Schlitten angeordnet sind.

Wie ein Vergleich mit den oben näher beschriebenen möglichen Randgeometrien zeigt, kann mit dem Kombinationswerkzeug gemäß
25 der EP 0 705 660 B1 nur ein kleiner Teil der möglichen Randgeometrien erzeugt werden. Darüber hinaus baut dieses Kombinationswerkzeug verhältnismäßig lang, was insbesondere bei der fliegenden Lagerung des Kombinationswerkzeugs eine gewisse Schwingungsneigung zur Folge hat, die der Bearbeitungsqualität
30 abträglich sein kann. Hinzu kommt, daß sich das Feinschleifwerkzeug des Kombinationswerkzeugs insbesondere beim Fertigbearbeiten der Spitzfacette in Umfangsrichtung gesehen stets über einen im Verhältnis breiten Bereich mit dem Rand der Linse in Bearbeitungseingriff befindet. Erfolgt hierbei nun mittels des
35 Z-Schlittens eine axiale Bewegung des Kombinationswerkzeugs

parallel zu den Linsenhaltewellen, um, wie oben beschrieben, die Spitzfacette an in Z-Richtung verschiedenen Positionen auf dem Rand der Linse zu bearbeiten, so führt dies in Abhängigkeit von der Größe der Z-Richtungsschwankungen des Randes zu einem
5 mehr oder weniger starken "Verschmieren" bzw. "Verschleifen" der Spitzfacette, so daß diese eine nicht exakt vorgebbare Geometrie erhält.

Ausgehend vom Stand der Technik nach der EP 0 705 660 B1 liegt
10 der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein effizientes Verfahren anzugeben und eine einfach aufgebaute Vorrichtung zu schaffen, die eine möglichst hohe Flexibilität im Hinblick auf mögliche Randgeometrien versprechen, welche industriell einsetzbar sind und mittels dessen bzw. der die Nachteile des Stands der Tech-
15 nik vermieden werden können. Die Erfindungsaufgabe umfaßt auch die Bereitstellung eines geeignet ausgebildeten, möglichst kompakten Kombinationswerkzeugs.

Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen 1, 12 bzw.
20 20 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte bzw. zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Patentansprüche 2 bis 11 und 13 bis 19.

Nach einem Grundgedanken der Erfindung erfolgt bei einem Ver-
25 fahren zur Randbearbeitung einer optischen Linse L, namentlich einer Brillenlinse aus Kunststoff, die im Drehwinkel φ_B geregelt um eine Werkstückdrehachse B drehbar ist,

bei dem der Rand R der Linse L mittels eines relativ zur Werkstückdrehachse B wenigstens radial zustellbaren und um eine
30 Werkzeugdrehachse C drehbaren Kombinationswerkzeugs zunächst vorbearbeitet wird, wobei die Linse L in der Draufsicht gesehen eine Umfangskontur U erhält, die ggf. bis auf ein geringfügiges Übermaß der Umfangskontur einer Fassung für die Linse L entspricht, und

bei dem der Rand R der Linse L mittels des Kombinationswerkzeugs sodann fertigbearbeitet wird, wobei die Linse L am Rand R entsprechend ihrer an der Fassung vorgesehenen Befestigung im Querschnitt gesehen eine vorbestimmte Randgeometrie erhält, ggf. mit einer Schutzfase F_1 , F_2 am Übergang zu einer oder beiden optisch wirksamen Flächen O_1 , O_2 versehen wird und ggf. poliert wird,

das Vorbearbeiten des Randes R und das Fertigbearbeiten des Randes R mittels eines sowohl Fräzerschneiden als auch mindestens einen Drehmeißel aufweisenden Kombinationswerkzeugs, das während einer Fräsbearbeitung des Randes R in der Drehzahl n_c geregelt um die Werkzeugdrehachse C gedreht wird und das vor und ggf. auch während einer Drehbearbeitung des Randes R im Drehwinkel φ_c geregelt um die Werkzeugdrehachse C verschwenkt wird.

Weiterhin sieht die Erfindung insbesondere für die Durchführung des obigen Verfahrens ein Kombinationswerkzeug zur Randbearbeitung einer optischen Linse L, namentlich einer Brillenlinse aus Kunststoff vor, das einen Grundkörper aufweist, an dem eine Mehrzahl von Fräzerschneiden vorgesehen ist, die bei einer Drehung des Kombinationswerkzeugs um eine Werkzeugdrehachse C einen Flugkreis definieren und mittels der die Linse L am Rand R insbesondere so vorbearbeitbar ist, daß die Linse L in der Draufsicht gesehen eine Umfangskontur U erhält, die ggf. bis auf ein geringfügiges Übermaß der Umfangskontur einer Fassung für die Linse L entspricht, wobei sich das Kombinationswerkzeug dadurch auszeichnet, daß am Grundkörper auch mindestens ein Drehmeißel vorgesehen ist, der in Richtung der Werkzeugdrehachse C bezüglich der Fräzerschneiden axial versetzt angeordnet ist oder auf axialer Höhe der Fräzerschneiden mit einer gegenüber dem Flugkreis der Fräzerschneiden radial nach innen versetzten Drehschneide in Umfangsrichtung des Kombinationswerkzeugs zwischen den Fräzerschneiden angeordnet ist, wobei der Drehmeißel eine Schneidengeometrie aufweist, mittels der die

Linse L am Rand R insbesondere so fertigbearbeitbar ist, daß die Linse L am Rand R entsprechend ihrer an der Fassung vorgesehenen Befestigung im Querschnitt gesehen eine vorbestimmte Randgeometrie aufweist und/oder mit einer Schutzfase F_1 , F_2 am Übergang zu einer oder beiden optisch wirksamen Flächen O_1 , O_2 versehen und/oder poliert ist.

Schließlich ist erfindungsgemäß bei einer insbesondere für die Durchführung des obigen Verfahrens unter Verwendung insbesondere des obigen Kombinationswerkzeugs geeigneten Vorrichtung zur Randbearbeitung einer optischen Linse L, namentlich einer Brillenlinse aus Kunststoff, welche zwei fluchtende, um eine Werkstückdrehachse B im Drehwinkel φ_B geregelt drehbare Halte-
wellen aufweist, zwischen denen die Linse L einspannbar ist, und die eine Werkzeugspindel hat, mittels der das Kombinationswerkzeug um eine Werkzeugdrehachse C drehend antreibbar ist, die zu der Werkstückdrehachse B im wesentlichen parallel verläuft, wobei die Halte-
wellen und die Werkzeugspindel lagege-
regelt in einer ersten Achsrichtung X aufeinander zu und ggf. in einer rechtwinklig zur ersten Achsrichtung X verlaufenden zweiten Achsrichtung Z parallel zueinander bewegbar sind, für eine Drehbearbeitung des zu bearbeitenden Randes R der Linse L das Kombinationswerkzeug mittels der Werkzeugspindel im Drehwinkel φ_C geregelt um die Werkzeugdrehachse C verschwenkbar, so daß ein am Kombinationswerkzeug vorgesehener Drehmeißel mit dem zu bearbeitenden Rand R in einen definierten Drehbearbeitungseingriff bringbar ist.

Im Kern stellt die Erfindung verfahrensseitig also darauf ab, bei der Randbearbeitung einer optischen Linse aus Kunststoff, insbesondere einer Brillenlinse, ein Kombinationswerkzeug einzusetzen bzw. zu verwenden, mittels dessen sowohl ein Fräsbearbeitungsvorgang als auch ein Drehbearbeitungsvorgang am Rand R der Linse L möglich ist. Somit können mit einem Fräsbearbeitungsvorgang, bei dem das Kombinationswerkzeug in der Drehzahl

ne geregelt um die Werkzeugdrehachse C gedreht wird, im Verhältnis große Materialmengen der Linse L in sehr kurzer Zeit zerspannt werden, etwa um der Linse L in einem Vorbearbeitungsschritt in der Draufsicht gesehen eine Umfangskontur U zu geben, die ggf. bis auf ein geringfügiges Übermaß der Umfangskontur einer Fassung der Linse L entspricht. Der ebenfalls ermöglichte Drehbearbeitungsvorgang, vor dem bzw. bei dem das Kombinationswerkzeug im Drehwinkel φ_c geregelt um die Werkzeugdrehachse C verschwenkt wird, kann sodann der Fertigbearbeitung des Randes R der Linse L dienen, um in Abhängigkeit von der Schneidengeometrie des Drehmeißels der Linse L am Rand R entsprechend ihrer an der Fassung vorgesehenen Befestigung im Querschnitt gesehen eine vorbestimmte Randgeometrie zu geben und/oder am Rand R der Linse L am Übergang zu einer oder beiden optisch wirksamen Flächen O_1 , O_2 eine Schutzfase anzulegen und/oder die Linse L am Rand R zu polieren. Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäß ermöglichten Drehbearbeitung des Randes R, bei welcher der Drehmeißel in einer definierten Drehwinkelstellung steht oder lediglich im Drehwinkel φ_c geregelt nachgeführt bzw. verschwenkt wird, gegenüber der (Fein)Schleifbearbeitung im Stand der Technik, bei der das Schleifwerkzeug um die Werkzeugdrehachse rotiert, wird darin gesehen, daß bei der Drehbearbeitung des Randes R in Abhängigkeit von der Schneidengeometrie des Drehmeißels sich dieser in Umfangsrichtung gesehen in einem im wesentlichen punktförmigen Bearbeitungseingriff mit dem Rand R der Linse L befinden kann. Wenn bei einem solchen punktförmigen Bearbeitungseingriff mit einem entsprechenden Schneidengeometrie aufweisenden Drehmeißel etwa eine Spitzfacette S am Rand R der Linse L angelegt wird und hierbei eine axiale Relativbewegung des Kombinationswerkzeugs bezüglich der Linse L parallel zu der Werkstückdrehachse B erfolgt, um, wie eingangs beschrieben, die Spitzfacette S an verschiedenen Höhenpositionen auf dem Rand R der Linse L zu bearbeiten, besteht nicht mehr die Gefahr des "Verschmierens" der

Spitzfacette S, die somit eine durch die Schneidengeometrie des Drehmeißels exakt vorgebbare Geometrie erhält.

Werkzeugseitig wird im Kern ein Kombinationswerkzeug vorgeschlagen, das quasi eine Kombination von Fräser und Drehmeißelrevolver darstellt. Mit einem Drehmeißel lassen sich verglichen zu einem Schleifwerkzeug deutlich mehr und andere Schneidengeometrien realisieren, so daß Randgeometrien an der Linse L, etwa die eingangs beschriebene Rille oder Nut N, mit einem Drehmeißel, der eine entsprechende Drehschneide aufweist, noch ausgebildet werden können, während mit dem Schleifwerkzeug des Kombinationswerkzeugs gemäß Stand der Technik solche Randgeometrien nicht mehr erzeugbar sind, im Stand der Technik vielmehr in aufwendiger Weise mit zusätzlichen Werkzeugen und zugeordneter Peripherie (Spindel, Antrieb, Zustellmechanismen, etc.) gearbeitet werden muß.

Bei einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ist der wenigstens eine Drehmeißel bezüglich der Fräaserschneiden axial versetzt angeordnet, so daß der Drehmeißel auch über den Flugkreis der Fräaserschneiden vorstehen kann, ohne bei der Fräsbearbeitung des Randes R der Linse L mit dem Rand R zu kollidieren. Dies schafft auf einfache Weise einen zusätzlichen Gestaltungsspielraum bei der Gestaltung des Drehmeißels bzw. der Schneidengeometrie des Drehmeißels und ist wiederum im Hinblick auf die Flexibilität des Werkzeugkonzepts bezüglich der Vielfalt möglicher Randgeometrien als vorteilhaft zu bewerten. Verglichen zu den bekannten Kombinationswerkzeugen kann das vorgeschlagene Kombinationswerkzeug dennoch axial sehr kurz bauen, da der Drehmeißel, selbst wenn seine Drehschneide eine Breite aufweist, die größer ist als die maximale Randdicke der damit zu bearbeitenden Linse L bzw. bearbeiteten Linse L, immer noch deutlich schmaler gehalten werden kann als die Schleifwerkzeuge der bekannten Kombinationswerkzeuge. Eine solche in axialer Richtung sehr kompakte Bauweise des Kombinationswerkzeugs ist

einer guten Bearbeitungsqualität, genauer hohen am Rand R der Linse L erzielbaren Oberflächengüten insofern förderlich, als das Kombinationswerkzeug dann nur eine sehr geringe Schwingungsneigung aufweist, wenn überhaupt. Hinzu kommt hier, daß
5 ein kurzes Kombinationswerkzeug auch der Lagerung der Werkzeugspindel nahe angeordnet werden kann, einhergehend mit der Möglichkeit, die Haltewellen für die Linse L kurz auszubilden, was insgesamt zu einer sehr steifen Konstruktion des Edgers beiträgt, mit dem infolgedessen Linsen L bei besserer Bearbeitungsqualität schneller bearbeitet werden können.
10

Bei einer alternativen erfindungsgemäßen Ausführungsform sitzt der Drehmeißel mit einer gegenüber dem Flugkreis der Fräterschneiden radial nach innen versetzten Drehschneide sogar auf
15 axialer Höhe der Fräterschneiden in Umfangsrichtung des Kombinationswerkzeugs zwischen den Fräterschneiden, so daß die Drehschneide bei einer kontinuierlichen Drehung des Kombinationswerkzeugs während eines Fräsbearbeitungsvorgangs nicht mit dem Rand R der Linse L in Bearbeitungseingriff gelangen kann. Ein
20 Vorteil dieser Ausführungsform ist darin zu sehen, daß das Kombinationswerkzeug ohne Einbußen bei den Bearbeitungsmöglichkeiten zur Erzielung einer hervorragenden Bearbeitungsqualität noch kürzer bauen kann.

25 Zum erfindungsgemäßen Kombinationswerkzeug ist noch zu erwähnen, daß das Kombinationswerkzeug für einen sich an einen Fräsbearbeitungsvorgang anschließenden Drehbearbeitungsvorgang zunächst zu stoppen und sodann mit seinem Drehmeißel bezüglich des zu bearbeitenden Randes R der Linse L winkelpositionieren
30 ist. Der Drehmeißel kann somit gänzlich unabhängig von den Fräterschneiden hinsichtlich der Schneidengeometrie (insbesondere Geometrie der Schneidkante sowie Spanwinkel und Freiwinkel) sowie dem Schneidenmaterial gestaltet und demgemäß optimal an das Material der Linse L angepaßt werden.

Vorrichtungsseitig wird schließlich die etwa aus der DE 101 14 239 A1 der Anmelderin bekannte, in den zwei Linearachsen X und Z lagegeregelte sowie in der Werkstückdrehachse B drehwinkelgeregelte Vorrichtung in einfacher Weise um eine weitere (CNC-) geregelte Achse ergänzt, nämlich die drehwinkelgeregelte Werkzeugdrehachse C. Dies gestattet eine Schwenkpositionierung des Kombinationswerkzeugs bezüglich des zu bearbeitenden Randes R der Linse L, so daß der Drehmeißel des Kombinationswerkzeugs stets in einen definierten Drehbearbeitungseingriff mit dem zu bearbeitenden Rand R der Linse L gebracht werden kann.

In Summe kann der zu bearbeitende Rand R der Linse L mit nur einem Kombinationswerkzeug, welches neben Fräaserschneiden auch wenigstens einen Drehmeißel aufweist, in nur einer Vorrichtung und einer Aufspannung der Linse L sowohl einem Fräsbearbeitungsvorgang mit einem verhältnismäßig großen Zerspanungsvolumen als auch einem (Fein)Drehbearbeitungsvorgang unterworfen werden, so daß eine Vielzahl von Randgeometrien [weitgehende Gestaltungsmöglichkeiten bei der Schneidkantengeometrie des Drehmeißels] mit hoher Qualität, d.h. makrogeometrisch gesehen verbesserter Geometriegenauigkeit [in Umfangsrichtung betrachtet im wesentlichen punktförmiger Drehbearbeitungseingriff ist möglich] und mikrogeometrisch gesehen hoher Oberflächengüte [schwingungsvermeidende bzw. -reduzierende Kurzbauweise des Kombinationswerkzeugs ist möglich; weitgehende Gestaltungsfreiheit bei der Schneidengeometrie des Drehmeißels hinsichtlich insbesondere des Span- und Freiwinkels] schnell und zuverlässig bearbeitet werden kann.

Im folgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügten, zum Teil schematischen Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Kombinationswerkzeugs nach einem ersten

Ausführungsbeispiel, welches sich mit dem Rand R einer zu bearbeitenden Linse L in einem Drehbearbeitungseingriff befindet,

- 5 Fig. 2 eine Seitenansicht des Kombinationswerkzeugs gemäß Fig. 1, welches sich mit dem Rand R der zu bearbeitenden Linse L im Drehbearbeitungseingriff befindet,
- 10 Fig. 3 eine der Fig. 2 entsprechende Seitenansicht zum ersten Ausführungsbeispiel, in der das Kombinationswerkzeug geschnitten und die Linse L teilweise aufgebrochen dargestellt ist,
- 15 Fig. 4 eine Schnittansicht entsprechend der Schnittverlaufslinie IV-IV in Fig. 2 in einem gegenüber der Fig. 2 vergrößerten Maßstab,
- 20 Fig. 5 eine vergrößerte Darstellung des Details V in Fig. 4,
- Fig. 6 eine vergrößerte Darstellung des Details VI in Fig. 4,
- 25 Fig. 7 - 19 der Fig. 2 in der Darstellungsweise entsprechende Seitenansichten zum ersten Ausführungsbeispiel, die veranschaulichen, welche Randbearbeitungsvorgänge mit dem Kombinationswerkzeug nach dem ersten Ausführungsbeispiel durchführbar sind,
- 30
- Fig. 20 (A)-(G) prinzipielle Darstellungen eines erfindungsgemäßen Kombinationswerkzeugs in einer Draufsicht von oben, die veranschaulichen, wie ein Drehmeißel des Kombinationswerkzeugs durch über-
- 35

lagerte Regelung in der X-Achse [$x(\varphi_B, r_B(\varphi_B))$] und der C-Achse [$\varphi_C(\varphi_B, r_B(\varphi_B))$] in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ_B der Linse L und deren Radius $r_B(\varphi_B)$ während der Randbearbeitung bewegt bzw. nachgeführt wird,

Fig. 21

eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Kombinationswerkzeugs nach einem zweiten Ausführungsbeispiel, welches sich mit dem Rand R einer zu bearbeitenden Linse L in einem Drehbearbeitungseingriff befindet und gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel eine andere Ausgestaltung der Fräterschneiden aufweist,

Fig. 22

eine Seitenansicht des Kombinationswerkzeugs gemäß Fig. 21, welches sich mit dem Rand R der zu bearbeitenden Linse L im Drehbearbeitungseingriff befindet,

Fig. 23

eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Kombinationswerkzeugs nach einem dritten Ausführungsbeispiel, welches sich mit dem Rand R einer zu bearbeitenden Linse L in einem Drehbearbeitungseingriff befindet und gegenüber dem ersten und zweiten Ausführungsbeispiel eine andere Ausgestaltung der Fräterschneiden aufweist,

Fig. 24

eine Seitenansicht des Kombinationswerkzeugs gemäß Fig. 23, welches sich mit dem Rand R der zu bearbeitenden Linse L im Drehbearbeitungseingriff befindet,

Fig. 25

eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Kombinationswerkzeugs nach einem vier-

ten Ausführungsbeispiel, welches sich mit dem Rand R einer zu bearbeitenden Linse L in einem Drehbearbeitungseingriff befindet und gegenüber dem ersten bis dritten Ausführungsbeispiel eine andere Ausgestaltung der Fräterschneiden aufweist,

Fig. 26

eine Seitenansicht des Kombinationswerkzeugs gemäß Fig. 25, welches sich mit dem Rand R der zu bearbeitenden Linse L im Drehbearbeitungseingriff befindet,

Fig. 27

eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Kombinationswerkzeugs nach einem fünften Ausführungsbeispiel, welches sich mit dem Rand R einer zu bearbeitenden Linse L in einem Drehbearbeitungseingriff befindet und bei dem die Drehmeißel im Gegensatz zum ersten bis vierten Ausführungsbeispiel auf axialer Höhe der Fräterschneiden mit gegenüber dem Flugkreis der Fräterschneiden radial nach innen versetzten Drehschneiden in Umfangsrichtung des Kombinationswerkzeugs zwischen den Fräterschneiden angeordnet sind,

Fig. 28

eine Schnittansicht entsprechend der Schnittverlaufslinie XXVIII-XXVIII in Fig. 27 in einem gegenüber der Fig. 27 vergrößerten Maßstab und

Fig. 29 - 32

abgebrochene Schnittansichten von Brillenlinsen L im Bereich des Randes R zur Veranschaulichung heutzutage üblicher Randgrundgeometrien an fertigerandeten Brillenlinsen.

Zu den Figuren sei an dieser Stelle vorab noch angemerkt, daß die darin gezeigten Brillenlinsen L zur Vereinfachung der Darstellung lediglich sehr einfache Geometrien aufweisen, nämlich rein sphärische optisch wirksame Flächen O_1 , O_2 und kreisrunde bzw. rechteckige Umfangskonturen U. Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf diese Geometrien beschränkt. Vielmehr können die Linsen L eine beliebige Umfangskontur U haben und auch von einer sphärischen Form abweichende optisch wirksame Flächen O_1 , O_2 , etwa asphärische, torische, atorische oder progressive Flächen oder sogar Flächen mit einer Freiformgeometrie, je nach der gewünschten optischen Wirkung.

Von der Vorrichtung zur Randbearbeitung von Brillenlinsen L aus Kunststoff sind in den Fig. 1 bis 6 zur Vereinfachung der Darstellung nur die ein Kombinationswerkzeug 10 tragende, um die Werkzeugdrehachse C drehend antreibbare Werkzeugspindel 12 sowie die zwei fluchtenden, um die Werkstückdrehachse B drehend antreibbaren Haltewellen 14, 16 schematisch gezeigt, zwischen denen die Brillenlinse L einspannbar ist. Die Werkstückdrehachse B und die Werkzeugdrehachse C verlaufen hier parallel zueinander. Die Haltewellen 14, 16 sind um die Werkstückdrehachse B mittels eines geeigneten Antriebs und zugeordneter Steuerung (nicht dargestellt) im Drehwinkel φ_B geregelt drehbar. Weiterhin sind die Haltewellen 14, 16 und die Werkzeugspindel 12 lagegeregelt in einer ersten Achsrichtung X aufeinander zu bzw. voneinander weg und in einer rechtwinklig zur ersten Achsrichtung X verlaufenden zweiten Achsrichtung Z parallel zueinander bewegbar. Zweckmäßig sind diese axialen Bewegungsmöglichkeiten während der Randbearbeitung der Werkzeugspindel 12 zugeordnet. Hierfür sind geeignete Schlitten mit zugeordneten Führungen und Antrieben sowie jeweils zugeordneter Steuerung (nicht gezeigt) vorgesehen. Diesbezüglich wird hiermit ausdrücklich auf die DE 101 14 239 A1 der Anmelderin Bezug genommen. Neu demgegenüber ist, daß für eine Drehbearbeitung des zu bearbeitenden Randes R der Linse L das Kombinationswerkzeug 10 mittels der Werkzeug-

spindel 12 auch im Drehwinkel φ_c geregelt um die Werkzeugdrehachse C verschwenkbar ist, wofür ebenfalls ein geeigneter Antrieb nebst zugeordneter Steuerung (nicht dargestellt) vorhanden ist. Sowohl die Haltewellen 14, 16 als auch die Werkzeugspindel 12 können also in der Drehzahl n_B , n_c als auch im Drehwinkel φ_B , φ_c geregelt gedreht werden.

Zwischen den Haltewellen 14, 16 ist die Brillenlinse L mittels einer an sich bekannten Anordnung 18 zum Blocken und Spannen von Brillenlinsen L derart festgelegt, daß sie gleichachsig mit den Haltewellen 14, 16 drehen kann. Diese Anordnung 18 ist ausführlich in der DE 101 14 238 A1 der Anmelderin beschrieben, auf die hiermit diesbezüglich ausdrücklich Bezug genommen wird.

Gemäß den Fig. 1 bis 6 hat das Kombinationswerkzeug 10 einen metallischen Grundkörper 20, der zum einen der Befestigung an der Werkzeugspindel 12 und zum anderen als Träger der Schneidmittel dient. Wie die Fig. 3 und 4 zeigen, weist der Grundkörper 20 innenumfangsseitig eine Zylinderfläche 22 auf, mittels der das Kombinationswerkzeug 10 an der Werkzeugspindel 12 befestigt werden kann. In den Fig. 3 und 4 ist schematisch angedeutet, daß hierfür ein an die Werkzeugspindel 12 angeflanschter, handelsüblicher Dehnspanndorn 24 verwendet werden kann. Dieser kann über eine Spannschraube (nicht dargestellt) in radialer Richtung hydraulisch aufgeweitet werden, um den Grundkörper 20 kraftschlüssig drehfest mit der Werkzeugspindel 12 zu verbinden.

Am Außenumfang ist der ringförmige Grundkörper 20 an zwei axial voneinander beabstandeten Bereichen jeweils mit einer Mehrzahl von gleichmäßig über den Umfang verteilten, im dargestellten Ausführungsbeispiel neun Fräuserschneiden 26, 28 versehen, die vorzugsweise auf dem Grundkörper 20 aufgelötet sind. Die Fräuserschneiden 26, 28 definieren in einer Draufsicht von oben in Fig. 2 gesehen bei einer Drehung des Kombinationswerkzeugs 10

um die Werkzeugdrehachse C einen Flugkreis und dienen in erster Linie dazu, die Linse L am Rand R so vorzubearbeiten, daß die Linse L in der Draufsicht gesehen eine Umfangskontur U erhält, die ggf. bis auf ein geringfügiges Übermaß der Umfangskontur einer Fassung für die Linse L entspricht. Die Fig. 7 zeigt ein solches Vorbearbeiten des Randes R der Brillenlinse L mittels der Fräzerschneiden 26, wobei der Rand R eine Geometrie entsprechend der Fig. 29 erhält. Hierbei rotiert das Kombinationswerkzeug 10 in der Drehzahl n_c geregelt um die Werkzeugdrehachse C, während die Brillenlinse L im Drehwinkel ϕ_B geregelt um die Werkstückdrehachse B gedreht wird. Zugleich wird das Kombinationswerkzeug 10 entsprechend der an der Brillenlinse L zu erzeugenden Umfangskontur U in Abhängigkeit vom Drehwinkel ϕ_B der Brillenlinse L in der X-Achse lagegeregelt auf die Werkstückdrehachse B zu bzw. davon weg bewegt.

Wie die Fig. 2 des weiteren veranschaulicht, verläuft bei diesem Ausführungsbeispiel jede Fräzerschneide in einer Draufsicht mit Blickrichtung senkrecht zur Werkzeugdrehachse C gesehen bezüglich der Werkzeugdrehachse C geneigt, wobei sich die Fräzerschneiden 26, 28 hinsichtlich ihrer Neigung nicht voneinander unterscheiden. Diese Neigung bzw. Schrägstellung der Fräzerschneiden 26, 28 führt in vorteilhafter Weise zu im Vergleich zu parallel zur Werkzeugdrehachse C verlaufenden Fräzerschneiden geringeren Prozeßkräften und einer reduzierten Spanbildung, was sich auf das Bearbeitungsergebnis, d.h. die Oberflächenqualität des bearbeiteten Randes R positiv auswirkt.

In den Fig. 1 und 2 ist ferner zu erkennen, daß die oberen Fräzerschneiden 26 jeweils mit einer V-förmigen Aussparung 30 versehen sind, die zur Ausbildung einer Spitzfacette S auf dem Rand R der Linse L dient, wie sie in Fig. 30 dargestellt ist, wobei die V-förmigen Aussparungen 30 der Fräzerschneiden 26 in Richtung der Werkzeugdrehachse C auf gleicher axialer Höhe angeordnet sind. Ein solches Anlegen einer Spitzfacette S mittels

der V-förmigen Aussparungen 30 in den Fräuserschneiden 26 ist in Fig. 8 dargestellt. Die Bewegungen des Kombinationswerkzeugs 10 und der Brillenlinse L um die Werkzeugdrehachse C bzw. die Werkstückdrehachse B sowie in X-Richtung erfolgen wie unter
5 Bezugnahme auf die Fig. 7 beschrieben. Wenn die Spitzfacette S wie eingangs erläutert an unterschiedlichen Höhenpositionen am Rand R der Brillenlinse L auszubilden ist, wird das Kombinationswerkzeug 10 zugleich u.a. in Abhängigkeit vom Drehwinkel ϕ_B der Brillenlinse L in der Z-Achse lagegeregelt parallel zu
10 den Haltewellen 14, 16 in Fig. 8 nach oben bzw. unten bewegt.

Weiterhin haben die in den Fig. 1 und 2 oberen Fräuserschneiden 26 an ihrem oberen Ende jeweils eine Abschrägung 32, während die in den Fig. 1 und 2 unteren Fräuserschneiden 28 an ihrem
15 unteren Ende eine Abschrägung 34 aufweisen. Die Abschrägungen 32, 34 sind in Richtung der Werkzeugdrehachse C gesehen jeweils auf gleicher axialer Höhe angeordnet und schließen mit der restlichen Schneidkante der Fräuserschneiden 26 bzw. 28 in einer Projektion betrachtet einen Winkel von z.B. 135° ein. Mittels
20 dieser Abschrägungen können zum einen die Flanken K_1 , K_2 einer Spitzfacette S gemäß Fig. 30 auf dem Rand R der Linse L ausgebildet werden, wie die Fig. 9 und 10 veranschaulichen, wobei zunächst (Fig. 9) die eine Flanke K_2 der Spitzfacette S durch die Abschrägungen 32 an einem, d.h. dem in Fig. 9 oberen Ende
25 der Fräuserschneiden 26 ausgebildet wird und sodann (Fig. 10) die andere Flanke K_1 der Spitzfacette S durch die Abschrägungen 34 am entgegengesetzten, d.h. in Fig. 10 unteren Ende der Fräuserschneiden 28 ausgebildet wird. Zum anderen ist es möglich, mittels der Abschrägungen 32, 34 der Fräuserschneiden 26, 28
30 Schutzfasen F_1 , F_2 entsprechend Fig. 32 am Rand R der Brillenlinse L anzulegen. Dies ist in den Fig. 11 und 12 gezeigt. Bei den Bearbeitungsmöglichkeiten gemäß den Fig. 9 bis 12 erfolgen die Bewegungen des Kombinationswerkzeugs 10 und der Brillenlinse L um die Werkzeugdrehachse C bzw. die Werkstückdrehachse
35 B sowie in der X-Richtung und ggf. der Z-Richtung wie unter Be-

zugnahme auf die Fig. 7 und 8 beschrieben. Zwar kann mit den V-förmigen Aussparungen 30 der Fräzerschneiden 26 die Spitzfacette S am Rand R der Brillenlinse L schneller ausgebildet werden als mit den Abschrägungen 32, 34. Letztere haben aber
5 u.a. den Vorteil, daß sie bei Verschleiß leichter nachgearbeitet werden können als die V-förmigen Aussparungen 30. Hinzu kommt, daß beim Anlegen der Spitzfacette S mittels der Abschrägungen 32, 34 der Fräzerschneiden 26, 28 die Spitzfacette S in Z-Richtung gesehen stets nur von einer Seite geometriebildend
10 bearbeitet wird. Im Gegensatz zu der gleichzeitigen zweiseitigen Bearbeitung mittels der V-förmigen Aussparungen 30 kann das Kombinationswerkzeug 10 also in Z-Richtung von der bearbeiteten Flanke K_1 bzw. K_2 der Spitzfacette S wegbewegt werden ohne zugleich an der anderen Flanke K_2 bzw. K_1 etwas zu verändern.
15 Dieser Umstand kann insbesondere dann, wenn sich der Höhenverlauf der Spitzfacette S über den Umfang der Brillenlinse L gesehen stark ändert bzw. ändern soll, bei der Lageregelung des Kombinationswerkzeugs 10 in der Z-Achse zur Erzeugung einer Spitzfacettengeometrie genutzt werden, die exakter den Vorgaben
20 entspricht als eine Spitzfacettengeometrie, die mit den V-förmigen Aussparungen 30 erzeugt wurde.

Wie insbesondere die Fig. 1 bis 4 zeigen, ist am Grundkörper 20 auch mindestens ein, im dargestellten Ausführungsbeispiel eine
25 Mehrzahl von Drehmeißeln 36 vorgesehen, die in Richtung der Werkzeugdrehachse C bezüglich der Fräzerschneiden 26, 28 axial versetzt, genauer axial zwischen den oberen Fräzerschneiden 26 und den unteren Fräzerschneiden 28 angeordnet sind. Wie nachfolgend noch näher erläutert werden wird, weisen die Drehmeißel
30 36 eine Schneidengeometrie auf, mittels der die Brillenlinse L am Rand R insbesondere so fertigbearbeitet werden kann, daß die Brillenlinse L am Rand R entsprechend ihrer an der Fassung vorgesehenen Befestigung im Querschnitt gesehen eine vorbestimmte Randgeometrie mit z.B. einer Spitzfacette S oder einer Nut N
35 aufweist und/oder mit einer Schutzfase F_1 , F_2 am Übergang zu

einer oder beiden optisch wirksamen Flächen O_1 , O_2 versehen und/oder poliert ist. Durch den axialen Versatz der Drehmeißel 36 bezüglich der Fräterschneiden 26, 28 können die Drehmeißel 36 auch über den von den Fräterschneiden 26, 28 definierten Flugkreis, der in Fig. 4 durch die gestrichelte Linie bei 38 angedeutet ist, nach radial außen überstehen, ohne bei der Fräsbearbeitung des Randes R der Brillenlinse L zu stören.

Da im dargestellten Ausführungsbeispiel mehrere Drehmeißel 36 an ein und demselben Kombinationswerkzeug 10 vorgesehen sind, können untereinander verschiedene Drehmeißel 36 eingesetzt werden, die hinsichtlich ihrer Geometrie - wie nachfolgend noch näher erläutert werden wird - und/oder des Drehschneidenmaterials - etwa Hartmetall mit oder ohne Verschleißschutz-Beschichtung oder auch PKD, CVD oder Naturdiamant für eine Polierbearbeitung des Randes R mittels des Drehmeißels 36 - individuell an die zu erzeugende Randgeometrie und/oder gewünschte Oberflächenqualität und/oder an das zu zerspanende Material der Brillenlinse L angepaßt sind, so daß selbst für die Bearbeitung von in der zur erzeugenden Randgeometrie, gewünschten Oberflächenqualität bzw. dem Werkstoff verschiedenen Brillenlinsen L das Kombinationswerkzeug 10 nicht gewechselt werden muß. Die bei diesem Ausführungsbeispiel vorgesehene gleichmäßige Verteilung der Drehmeißel 36 am Umfang des Grundkörpers 20 hat den Vorteil, daß infolge der Drehmeißel 36 nur sehr geringe oder keine Unwuchten entstehen, die bei einem Einsatz des Kombinationswerkzeugs 10 als Fräser der Oberflächenqualität der erzeugten Randfläche abträglich sein könnten.

Grundsätzlich ist es zwar möglich, den wenigstens einen Drehmeißel einstückig mit dem Grundkörper auszubilden, etwa wie die Fräterschneiden am Grundkörper anzulöten. Bevorzugt ist jedoch die hier vorgesehene Ausgestaltung des Kombinationswerkzeugs 10, bei der die Drehmeißel 36 lösbar am Grundkörper 20 befestigt sind. Dies gestattet es nämlich in vorteilhafter Weise,

einzelne Drehmeißel 36 auszutauschen oder zum Nacharbeiten vorübergehend vom Kombinationswerkzeug 10 zu trennen. Zu diesem Zweck sind in den Grundkörper 20 gemäß den Fig. 3 und 4 eine Mehrzahl von, im dargestellten Ausführungsbeispiel sechs Sacklöcher 40 mit jeweils einem geeigneten, beispielsweise kreisförmigen Lochquerschnitt eingebracht, die im Querschnitt gemäß Fig. 4 betrachtet in radialer Richtung, d.h. in Richtung auf die Werkzeugdrehachse C und im Längsschnitt gemäß Fig. 3 gesehen unter einem Winkel von 90° bezüglich der Werkzeugdrehachse C verlaufen. Die, wie bereits erwähnt, voneinander gleichmäßig winkelbeabstandeten Sacklöcher 40 dienen jeweils der formschlüssigen Aufnahme eines metallischen Schaftes 42 eines Drehmeißels 36. Zu diesem Zweck weist der Schaft 42 des Drehmeißels 36 einen zum Querschnitt des Sacklochs 40 im wesentlichen komplementären Querschnitt auf. Der im zugeordneten Sackloch 40 aufgenommene Schaft 42 des jeweiligen Drehmeißels 36 liegt endseitig am Boden des zugeordneten Sacklochs 40 an und ist in dieser Position durch eine Madenschraube 44 lösbar gesichert, die hierzu in eine zugeordnete Gewindebohrung 46 im Grundkörper 20 eingeschraubt ist und sich von dort in eine im Schaft 42 ausgebildete Aussparung 48 hinein erstreckt. Die Gewindebohrungen 46 liegen in einer gemeinsamen, zur Werkzeugdrehachse C senkrecht verlaufenden Ebene und erstrecken sich unter einem Winkel von 90° zum jeweils zugeordneten Sackloch 40. Es ist ersichtlich, daß die Drehmeißel 36 somit zug- und druckfest als auch unverdrehbar am Grundkörper 20 lösbar festgelegt werden können.

Die in den Fig. 1 bis 19 dargestellten Drehmeißel 36 sind aus einer Gruppe ausgewählt, welche die folgenden Drehmeißel 36 umfaßt, wobei vorab noch anzumerken ist, daß die nunmehr beschriebenen Drehmeißel 36 den jeweiligen Bearbeitungserfordernissen entsprechend an einem Kombinationswerkzeug 10 beliebig miteinander kombiniert werden können:

(A) Drehmeißel 36, deren Drehschneide eine Breite b aufweist, die größer ist als eine maximale Randdicke der damit zu bearbeitenden bzw. bearbeiteten Brillenlinse L . Ein solcher Drehmeißel 36 mit einer geraden, parallel zur Werkzeugdrehachse C verlaufenden Drehschneide ist in Fig. 13 im Einsatz gezeigt und kann dazu dienen, schon das Vorbearbeiten des Randes R der Brillenlinse L mittels eines Drehmeißels durchzuführen. Bevorzugt wird es hier jedoch, das Vorbearbeiten des Randes R der Linse L mittels der Fräuserschneiden 26 des Kombinationswerkzeugs 10 auszuführen, da hiermit ein größerer Materialabtrag in kürzerer Zeit ohne die Gefahr einer die Bearbeitungsqualität möglicherweise beeinträchtigenden Fließspanbildung erzielt werden kann. Insofern werden die hier in Rede stehenden Drehmeißel 36 in erster Linie dazu benutzt, bei einer Randform der Brillenlinse L gemäß Fig. 29 den Rand R zu polieren, wofür der Drehmeißel 36 insbesondere eine bestimmte Schneidengeometrie aufweist, die nachfolgend unter Bezugnahme auf die Fig. 5 und 6 noch näher beschrieben werden wird. Bei dieser Bearbeitung erfolgt die Lageregelung des Kombinationswerkzeugs 10 in der X-Achse in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ_B der Brillenlinse L wie unter Bezugnahme auf die Fig. 7 beschrieben, allerdings mit anderen Vorschüben. Die Schwenkbewegung des Kombinationswerkzeugs 10 um die Werkzeugdrehachse C wird noch anhand der Fig. 20 erläutert werden; dies gilt auch für die nachfolgend beschriebenen Drehmeißel 36.

(B) Drehmeißel 36, deren Drehschneide vorzugsweise mittig eine V-förmige Aussparung 50 hat, die zur Ausbildung einer Spitzfacette S auf dem Rand R der Brillenlinse L dient, wie sie in Fig. 30 dargestellt ist. Ein solcher Drehmeißel 36 mit einer ansonsten geraden, parallel zur Werkzeugdrehachse C verlaufenden Drehschneide ist in Fig. 14 im Einsatz gezeigt. Es ist ersichtlich, daß mit einem solchen Drehmeißel 36 die zwei Flanken K_1 , K_2 der Spitzfacette S in einem Arbeitsgang erzeugt werden können. Dabei erfolgt die Lageregelung des Kombinationswerk-

zeugs 10 in der X-Achse und ggf. der Z-Achse in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ_B der Brillenlinse L wie unter Bezugnahme auf die Fig. 8 beschrieben.

5 (C) Drehmeißel 36, deren Drehschneide an wenigstens einem Ende eine Abschrägung 52, 54 zur Ausbildung einer Flanke K_1 , K_2 einer Spitzfacette S (siehe Fig. 30) auf dem Rand R der Brillenlinse L und/oder zum Anlegen einer Schutzfase F_1 , F_2 (siehe Fig. 32) am Rand R der Brillenlinse L aufweist. Die Fig. 15 und
10 16 zeigen einen solchen Drehmeißel 36 mit einer ansonsten geraden, parallel zur Werkzeugdrehachse C verlaufenden Drehschneide im Einsatz, wobei hier allerdings nur das Ausbilden einer Spitzfacette S veranschaulicht ist. Demgemäß wird zunächst die eine Flanke K_2 der Spitzfacette S durch die Abschrägung 52 am in Fig. 15 oberen Ende der Drehschneide ausgebildet
15 und sodann die andere Flanke K_1 der Spitzfacette S durch die Abschrägung 54 an dem anderen, d.h. in Fig. 16 unteren Ende der Drehschneide. Dabei wird das Kombinationswerkzeug 10 in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ_B der Brillenlinse L entsprechend der
20 gewünschten Umfangskontur U der bearbeiteten Brillenlinse L in der X-Achse und, soweit erforderlich, entsprechend dem gewünschten Höhenverlauf der Spitzfacette S bzw. der Schutzfasen F_1 , F_2 auf bzw. an dem Rand R der Brillenlinse L in der Z-Achse lagegeregelt.

25 (D) Drehmeißel 36, deren Drehschneide eine Breite b hat, die kleiner oder gleich der Breite einer am Rand R der Brillenlinse L zu erzeugenden Rille oder Nut N ist, wie sie in Fig. 31 dargestellt ist. Ein solcher Drehmeißel 36, dessen Drehschneide
30 vorzugsweise eine Schneidkante hat, die eine zum gewünschten Querschnitt der im Rand R der Brillenlinse L auszubildenden Nut N komplementäre Form aufweist, ist u.a. in Fig. 19 im Einsatz gezeigt. Auch bei diesem Fein- bzw. Fertigbearbeitungsschritt wird das Kombinationswerkzeug 10 in Abhängigkeit vom Drehwinkel
35 φ_B der Brillenlinse L entsprechend der gewünschten Umfangskon-

tur U der bearbeiteten Brillenlinse L sowie der gewünschten Tiefe der Nut N in der X-Achse und, soweit erforderlich, entsprechend dem gewünschten Höhenverlauf der Nut N am Rand R der Brillenlinse L in der Z-Achse lagegeregelt.

5

(E) Drehmeißel 36, deren Drehschneide zum Anlegen von Schutzfasen F_1 , F_2 (siehe Fig. 32) am Rand R der Brillenlinse L zwei einander benachbarte, gerade Schneidenbereiche 56, 58 aufweist, die einen vorbestimmten Winkel miteinander einschließen.

10 Die Fig. 17 und 18 zeigen einen solchen Drehmeißel 36 im Einsatz, bei dem die Schneidenbereiche 56, 58 bezüglich einer senkrecht zur Werkzeugdrehachse C verlaufenden Ebene spiegelsymmetrisch ausgebildet sein können und einen Winkel von z.B. 90° miteinander einschließen. Demgemäß wird zunächst die eine
15 Schutzfase F_1 durch den Schneidenbereich 58 auf der in Fig. 17 unteren Seite der Drehschneide ausgebildet und sodann die andere Schutzfase F_2 durch den Schneidenbereich 56 auf der anderen, d.h. in Fig. 18 oberen Seite der Drehschneide. Hierbei wird das Kombinationswerkzeug 10 in Abhängigkeit vom Drehwinkel
20 φ_B der Brillenlinse L entsprechend der gewünschten Umfangskontur U der bearbeiteten Brillenlinse L sowie der gewünschten Breite der Schutzfasen F_1 , F_2 in der X-Achse und, soweit erforderlich, entsprechend dem Höhenverlauf des Randes R der Brillenlinse L in der Z-Achse lagegeregelt.

25

(F) Drehmeißel 36 zum Polieren des Randes R einer aus einem im Verhältnis weichen Kunststoff wie Polycarbonat bestehenden Brillenlinse L, die gemäß Fig. 6 einen negativen Spanwinkel γ haben, der bis zu -15° betragen kann, und/oder deren
30 an die Spanfläche 60 anschließender Bereich 62 der Freifläche 64 gemäß den Fig. 5 und 6 einen Freiwinkel α aufweist, der gleich Null ist oder annähernd Null beträgt, bevor er im weiteren ggf. einen positiven Wert annimmt. Während oben an den Drehschneiden der Drehmeißel 36 gemäß (A) bis (E) Maßnahmen be-
35 schrieben wurden, die sich in einer Ebene abspielen, welche die

Werkzeugdrehachse C des Kombinationswerkzeugs 10 enthält, um durch (Fein)Drehbearbeitung auf die Makrogeometrie des Randes R der Brillenlinse L entsprechend den Fig. 29 bis 32 Einfluß zu nehmen, zeigen die Fig. 5 und 6 Maßnahmen an der Schneidengeometrie des Drehmeißels 36 in einer zur Werkzeugdrehachse C senkrechten Ebene, mittels der durch (Fein)Drehbearbeitung auf die Mikrogeometrie des Randes R der Brillenlinse L, d.h. auf die Oberflächenqualität des Randes R bzw. Teilen davon Einfluß genommen werden kann.

Durch die angesprochene Gestaltung des Freiwinkels α im an die Schneidkante des Drehmeißels 36 angrenzenden Bereich 62 der Freifläche 64 bzw. des Spanwinkels γ der Spanfläche 60 werden zwei verschiedene Effekte bewirkt, die den jeweiligen Erfordernissen entsprechend auch unabhängig voneinander eingesetzt werden können, d.h. obgleich in den Fig. 5 und 6 nicht gezeigt, könnte die Schneidengeometrie des Drehmeißels 36 auch derart gewählt sein, daß nur der Spanwinkel γ einen negativen Wert aufweist, der Freiwinkel α hingegen an jeder Stelle der Freifläche 64 deutlich größer Null ist. Bei einem negativen Wert für den Spanwinkel γ (siehe Fig. 6) wird bei der (Fein)Drehbearbeitung die Schneidkante des Drehmeißels 36 quasi über den bearbeiteten Rand R der Brillenlinse L "gezogen", wobei die Schneidkante das Linsenmaterial eher wegdrückt als, wie im Fall eines positiven Spanwinkels γ , schneidet. Infolgedessen kommt es zu einer plastischen (Kalt)Verformung des Linsenmaterials, bei der Oberflächenrauigkeiten geglättet werden.

Wenn der Freiwinkel α im an die Spanfläche 60 angrenzenden Bereich 62 der Freifläche 64 gleich Null ist oder annähernd Null beträgt (siehe die Fig. 5 und 6), kommt es bei der (Fein)Drehbearbeitung zu einem "Nachdrücken" des Freiflächenbereichs 62 gegen den Rand R der Brillenlinse L. Infolge der Reibung zwischen dem Freiflächenbereich 62 und dem relativ dazu bewegten Rand R der Brillenlinse L wird in den Rand R - in Abhängigkeit

von u.a. der Relativgeschwindigkeit in Umfangsrichtung, dem Vorschub des Kombinationswerkzeugs 10 in der X-Achse, dem Material der Drehschneide des Drehmeißels 36 und der Brillenlinse L sowie den Schmierbedingungen - Wärme eingebracht, die zu einem Plastifizieren bzw. Erweichen des Linsenmaterials am Rand R führt, was wiederum eine Glättung der Randoberfläche zur Folge hat.

Für den Fachmann ist ersichtlich, daß die an den Drehmeißeln 36 gemäß (A) bis (F) vorgesehenen Maßnahmen - wo technisch sinnvoll - den jeweiligen Erfordernissen entsprechend auch miteinander kombiniert werden können. Insbesondere können die Drehmeißel 36 gemäß (A) bis (E) auch eine Schneidengeometrie gemäß (F) aufweisen.

Ergänzend zu den Fig. 5, 6 und 13 bis 19 veranschaulicht die Fig. 20 die überlagerten Bewegungen des Drehmeißels 36 des Kombinationswerkzeugs 10 um die Werkzeugdrehachse C und in der X-Achse während der (Fein)Drehbearbeitung des Randes R einer Brillenlinse L, die eine rechteckige Umfangskontur U aufweist. Durch Regelung in der C-Achse wird das Kombinationswerkzeug 10 vor der (Fein)Drehbearbeitung des Randes R der Brillenlinse L zunächst derart um die Werkzeugdrehachse C verschwenkt, daß der bzw. bei mehreren Drehmeißeln 36 ein bestimmter Drehmeißel 36 in der Folge ggf. unter radialer Zustellung des Kombinationswerkzeugs 10 relativ zur Werkstückdrehachse B, d.h. einer eventuellen Lageregelung in der X-Achse, mit dem Rand R der Brillenlinse L in einer vorbestimmten Relativlage zwischen Drehmeißel 36 und Rand R in Berührung kommt, bei der die Spanfläche 60 des Drehmeißels 36 einen vorbestimmten Winkel mit einer an den Rand R an der jeweiligen Berührstelle zum Drehmeißel 36 angelegten Tangente T einschließt. Somit wird ein definierter Drehbearbeitungseingriff zwischen Drehmeißel 36 und Linsenrand R herbeigeführt.

Weicht die Umfangskontur U der Brillenlinse L wie im hier gezeigten Beispiel von der Kreisform ab, wird sodann das geeignet radial, d.h. in der X-Achse relativ zur Werkstückdrehachse B bewegte bzw. zugestellte Kombinationswerkzeug 10 während der (Fein)Drehbearbeitung des Randes R der sich im Drehwinkel φ_B geregelt drehenden Linse L in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ_B und vom zu erzeugenden Radius $r_B(\varphi_B)$ der Brillenlinse L im Drehwinkel φ_C -- $\varphi_C = f[\varphi_B, r_B(\varphi_B)]$ -- geregelt derart um die Werkzeugdrehachse C verschwenkt, daß der vorbestimmte Winkel zwischen der Spanfläche 60 des Drehmeißel 36 und der Tangente T an der jeweiligen Berührstelle zwischen Drehmeißel 36 und Rand R im wesentlichen konstant bleibt, um den definierten Drehbearbeitungseingriff zwischen Drehmeißel 36 und Linsenrand R zur Erzielung des gewünschten Bearbeitungsergebnisses aufrechtzuerhalten. Es handelt sich hierbei also um ein CNC-geregeltes, kontinuierliches Nachführen der Drehschneide des Drehmeißels 36, wobei es, wie die Fig. 20 zeigt, auch zu einer Richtungs- umkehr der Schwenkbewegung des Kombinationswerkzeugs 10 um die Werkzeugdrehachse C kommen kann.

Aus der obigen Beschreibung ist ersichtlich, daß mit dem vorgeschlagenen Kombinationswerkzeug 10 ein Vorbearbeiten des Randes R der Brillenlinse L insbesondere mittels der Fräuserschneiden 26, 28 des in der Drehzahl n_C geregelt um die Werkzeugdrehachse C rotierenden Kombinationswerkzeugs 10 erfolgt, bevor ein Fertigbearbeiten des Randes R der Brillenlinse L insbesondere mittels eines oder mehreren am Kombinationswerkzeug 10 vorgesehenen Drehmeißeln 36 unter einer im Drehwinkel φ_C geregelten Schwenkbewegung des Kombinationswerkzeugs 10 um die Werkzeugdrehachse C stattfindet. Dabei wird zweckmäßig der Rand R der Brillenlinse L vor dem Vorbearbeiten des Randes R und/oder zwischen dem Vorbearbeiten und dem Fertigbearbeiten des Randes R im Hinblick auf Radienwerte $r_B(\varphi_B)$ und ggf. Höhenwerte $z_B(\varphi_B)$ (siehe die Fig. 29 bis 32) vermessen, worauf das Vorbearbeiten bzw. das Fertigbearbeiten des Randes R unter Berücksichtigung

der gemessenen Werte $r_B(\varphi_B)$, $z_B(\varphi_B)$ durchgeführt wird. Hinsichtlich eines hierfür geeigneten Meßverfahrens wird hiermit ausdrücklich auf die DE 101 19 662 A1 der Anmelderin Bezug genommen.

5

Nachfolgend soll das zweite bis fünfte Ausführungsbeispiel des Kombinationswerkzeugs 10 unter Bezugnahme auf die Fig. 21 bis 28 nur insoweit beschrieben werden, als es sich vom ersten Ausführungsbeispiel unterscheidet, wobei gleiche Bezugszeichen
10 gleiche oder entsprechende Bauelemente bzw. Teile kennzeichnen.

Das in den Fig. 21 und 22 dargestellte zweite Ausführungsbeispiel des Kombinationswerkzeugs 10 unterscheidet sich vom ersten Ausführungsbeispiel nur hinsichtlich der Ausbildung der
15 Fräterschneiden 66, 68. Diese haben zwar ebenso wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel eine leicht gekrümmte Form, sind hierbei - jeweils in einer Draufsicht mit Blickrichtung senkrecht zur Werkzeugdrehachse C gesehen - aber nicht gleichermaßen bezüglich der Werkzeugdrehachse C geneigt. Vielmehr sind
20 die Fräterschneiden 66, 68 mit zwei unterschiedlichen Neigungen in eine Richtung, nämlich nach links in Fig. 22, alternierend am Umfang des Grundkörpers 20 angeordnet. Die unterschiedlichen Neigungen bzw. Steigungen der Fräterschneiden 66, 68 führen zu
im Vergleich zu den Fräterschneiden 26, 28 beim ersten Ausführungsbeispiel noch geringeren Prozeßkräften und einer noch weiter reduzierten Spanbildung, was sich auf die Oberflächenqualität des bearbeiteten Randes R der Brillenlinse L positiv aus-
25 wirkt.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 23 und 24 weist das Kombinationswerkzeug 10 nur einen Fräserabschnitt auf, der bezüglich der Drehmeißel 36 axial versetzt angeordnet ist. Hier hat der Fräserabschnitt eine Mehrzahl von Fräterschneiden 70, von denen, wie in den Fig. 23 und 24 eher schematisch angedeutet ist, in Umfangsrichtung benachbarte Fräser-
35

schneiden 70 bezüglich der Werkzeugdrehachse C in entgegengesetzten Richtungen geneigt verlaufen, d.h. einmal nach links und einmal nach rechts, und die entgegengesetzt geneigten Fräterschneiden 70 alternierend am Umfang des Grundkörpers 20 angeordnet sind. Aufgrund dieser Gestaltung bilden die Fräterschneiden 70 auf dem Grundkörper 20 eine Kreuzstruktur aus, die links- und rechtsschneidend ist. Im Vergleich zum ersten und zweiten Ausführungsbeispiel führt dies zu noch geringeren Prozeßkräften und weiter reduzierter Spanbildung beidseitig. Auch hier bewirkt die Neigung der Fräterschneiden 70 eine Reduktion der Schlagwirkung der einzelnen Fräterschneide 70 und somit eine verringerte Induktion von Schwingungen bei der Fräsbearbeitung. Außerdem kommt ein immer existenter Rundlauffehler des Kombinationswerkzeugs 10 nicht zu seiner vollen Wirkung. Ebenso wie bei dem ersten und zweiten Ausführungsbeispiel die V-förmigen Aussparungen 30 und/oder die Abschrägungen 32, 34 an den Fräterschneiden 26, 28 bzw. 66, 68 den jeweiligen Bearbeitungserfordernissen entsprechend auch weggelassen werden können, kann der Fräserabschnitt beim dritten Ausführungsbeispiel, falls erforderlich, auch solche V-förmigen Aussparungen und/oder endseitigen Abschrägungen aufweisen.

Die Fig. 25 und 26 veranschaulichen anhand eines vierten Ausführungsbeispiels des Kombinationswerkzeugs 10 eine gegenüber dem ersten bis dritten Ausführungsbeispiel vereinfachte Ausgestaltung des Fräserabschnitts, dessen Fräterschneiden 72 hier parallel zur Werkzeugdrehachse C verlaufen. Solche Fräterschneiden 72, die ggf. entsprechend dem ersten und zweiten Ausführungsbeispiel eine V-förmige Aussparung und/oder endseitige Abschrägungen aufweisen können, lassen sich besonders leicht herstellen und nacharbeiten.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel des Kombinationswerkzeugs 10 gemäß den Fig. 27 und 28 schließlich sind die Drehmeißel 36 auf axialer Höhe der bei diesem Ausführungsbeispiel parallel

zur Werkzeugdrehachse C verlaufenden Fräuserschneiden 74 mit jeweils einer gegenüber dem Flugkreis 38 der Fräuserschneiden 74 radial nach innen versetzten Drehschneide in Umfangsrichtung des Kombinationswerkzeugs 10 mit gleichmäßiger Winkelverteilung zwischen den Fräuserschneiden 74 angeordnet. Die Befestigung der Drehmeißel 36 am Grundkörper 20 erfolgt hier analog der zum ersten Ausführungsbeispiel beschriebenen Befestigung der Drehmeißel 36. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, daß das Kombinationswerkzeug 10 gegenüber dem ersten bis vierten Ausführungsbeispiel in axialer Richtung, d.h. in Richtung der Werkzeugdrehachse C noch kürzer baut. Auch beim fünften Ausführungsbeispiel können die Fräuserschneiden 74 ggf. V-förmige Aussparungen und/oder endseitige Abschrägungen aufweisen. Letztendlich ist es ebenfalls denkbar, eine solche Anordnung der Drehmeißel 36 auf axialer Höhe der Fräuserschneiden in Umfangsrichtung gesehen zwischen den Fräuserschneiden auch bei den anhand des ersten bis dritten Ausführungsbeispiels beschriebenen Ausgestaltungen der Fräuserschneiden zu treffen. Ggf. wäre(n) dann ein oder mehrere Sektor(en) am Grundkörper 20 von Fräuserschneiden freizuhalten und der oder die Drehmeißel 36 an dieser/diesen Stelle(n) vorzusehen.

Es wird eine Vorrichtung zur Randbearbeitung von insbesondere Kunststoff-Brillenlinsen offenbart, mit zwei fluchtenden, um eine Werkstückdrehachse B im Drehwinkel φ_B geregelt drehbaren Haltewellen, zwischen denen die Linse einspannbar ist, und einer Werkzeugspindel, mittels der ein Kombinationswerkzeug um eine Werkzeugdrehachse C drehend antreibbar ist, die zu der Werkstückdrehachse B parallel verläuft. Die Haltewellen und die Werkzeugspindel sind lagegeregelt in einer ersten Achsrichtung X aufeinander zu und ggf. in einer rechtwinklig zur ersten Achsrichtung X verlaufenden zweiten Achsrichtung Z parallel zueinander bewegbar. Erfindungsgemäß ist für eine Drehbearbeitung des Linsenrandes R das Kombinationswerkzeug mittels der Werkzeugspindel im Drehwinkel φ_C geregelt um die Werkzeugdrehachse

C verschwenkbar, so daß ein am Kombinationswerkzeug vorgesehener Drehmeißel mit dem Linsenrand R in einen definierten Drehbearbeitungseingriff bringbar ist. Die Erfindung umfaßt auch ein kombiniertes Fräs- und Drehbearbeitungswerkzeug sowie ein
5 kombiniertes Fräs- und Drehbearbeitungsverfahren. Im Ergebnis ist der Linsenrand R sehr flexibel, schnell und mit hoher Bearbeitungsqualität bearbeitbar.

Bezugszeichenliste

10	Kombinationswerkzeug
12	Werkzeugspindel
14	Haltewelle
16	Haltewelle
18	Anordnung zum Blocken und Spannen
20	Grundkörper
22	Zylinderfläche
24	Dehnspanndorn
26	Fräuserschneide
28	Fräuserschneide
30	V-förmige Aussparung
32	Abschrägung
34	Abschrägung
36	Drehmeißel
38	Flugkreis
40	Sackloch
42	Schaft
44	Madenschraube
46	Gewindebohrung
48	Aussparung
50	V-förmige Aussparung
52	Abschrägung
54	Abschrägung
56	Schneidenbereich
58	Schneidenbereich
60	Spanfläche
62	Freiflächenbereich
64	Freifläche
66	Fräuserschneide
68	Fräuserschneide
70	Fräuserschneiden
72	Fräuserschneide
74	Fräuserschneide

b	Breite des Drehmeißels
r_B	Radius des Randes
z_B	Höhenwert des Randes
α	Freiwinkel
γ	Spanwinkel
φ_B	Drehwinkel der Linse
φ_C	Drehwinkel des Werkzeugs
B	Werkstückdrehachse
C	Werkzeugdrehachse
F_1, F_2	Schutzfase
K_1, K_2	Flanke
L	Brillenlinse
N	Nut
O_1, O_2	optisch wirksame Fläche
R	Rand
S	Spitzfacette
U	Umfangskontur
X	Linearachse
Z	Linearachse

Patentansprüche

1. Verfahren zur Randbearbeitung einer optischen Linse (L), namentlich einer Brillenlinse aus Kunststoff, die im Drehwinkel (φ_B) geregelt um eine Werkstückdrehachse (B) drehbar ist, mit den Schritten:

5 Vorbearbeiten des Randes (R) der Linse (L) mittels eines relativ zur Werkstückdrehachse (B) wenigstens radial zustellbaren und um eine Werkzeugdrehachse (C) drehbaren Kombinationswerkzeugs (10), wobei die Linse (L) in der Draufsicht gesehen eine Umfangskontur (U) erhält, die ggf. bis auf ein geringfügiges Übermaß der Umfangskontur einer Fassung für die Linse (L) entspricht, und

 Fertigbearbeiten des Randes (R) der Linse (L) mittels des Kombinationswerkzeugs (10), wobei die Linse (L) am Rand (R) entsprechend ihrer an der Fassung vorgesehenen Befestigung im
15 Querschnitt gesehen eine vorbestimmte Randgeometrie erhält, ggf. mit einer Schutzfase (F_1 , F_2) am Übergang zu einer oder beiden optisch wirksamen Flächen (O_1 , O_2) versehen wird und ggf. poliert wird,

dadurch gekennzeichnet, daß das Vorbearbeiten des Randes
20 (R) und das Fertigbearbeiten des Randes (R) mittels eines sowohl Fräterschneiden (26, 28; 66, 68; 70; 72; 74) als auch
 mindestens einen Drehmeißel (36) aufweisenden Kombinationswerkzeugs (10) erfolgt, das während einer Fräsbearbeitung des Randes (R) in der Drehzahl (n_C) geregelt um die Werkzeugdrehachse (C) gedreht wird und das vor und ggf. auch während einer
25 Drehbearbeitung des Randes (R) im Drehwinkel (φ_C) geregelt um die Werkzeugdrehachse (C) verschwenkt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
30 das Kombinationswerkzeug (10) vor einer Drehbearbeitung des Randes (R) der Linse (L) im Drehwinkel (φ_C) geregelt derart um die Werkzeugdrehachse (C) verschwenkt wird, daß der Drehmeißel (36) in der Folge ggf. unter radialer Zustellung des Kombina-

tionswerkzeugs (10) relativ zur Werkstückdrehachse (B) mit dem Rand (R) in einer vorbestimmten Relativlage zwischen Drehmeißel (36) und Rand (R) in Berührung kommt, bei der die Spanfläche (60) des Drehmeißels (36) einen vorbestimmten Winkel mit einer an den Rand (R) an der jeweiligen Berührstelle zum Drehmeißel (36) angelegten Tangente (T) einschließt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das geeignet radial relativ zur Werkstückdrehachse (B) zuge-
stellte Kombinationswerkzeug (10) während einer Drehbearbeitung des Randes (R) einer sich drehenden Linse (L), deren zu erzeugende Umfangskontur (U) von der Kreisform abweicht, in Abhängigkeit vom Drehwinkel (φ_B) und vom zu erzeugenden Radius ($r_B(\varphi_B)$) der Linse (L) im Drehwinkel ($\varphi_C = f[\varphi_B, r_B(\varphi_B)]$) geregelt derart um die Werkzeugdrehachse (C) verschwenkt bzw. nachgeführt wird, daß der vorbestimmte Winkel zwischen der Spanfläche (60) des Drehmeißels (36) und der Tangente (T) an der jeweiligen Berührstelle zwischen Drehmeißel (36) und Rand (R) im wesentlichen konstant bleibt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Vorbearbeiten des Randes (R) der Linse (L) mittels der Fräaserschneiden (26, 28; 66, 68; 70; 72; 74) des Kombinationswerkzeugs (10) erfolgt (Fig. 7).

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Fertigbearbeiten des Randes (R) der Linse (L) am Rand (R) eine Spitzfacette (S) mit zwei Flanken (K_1, K_2) mittels der Fräaserschneiden (26, 28; 66, 68) des Kombinationswerkzeugs (10) erzeugt wird (Fig. 9, 10), die hierfür endseitig Abschrägungen (32, 34) aufweisen, wobei zunächst die eine Flanke (K_2) der Spitzfacette (S) durch die Abschrägungen (32) an einem Ende der Fräaserschneiden ausgebildet wird und sodann die andere Flanke (K_1) der Spitzfacette (S)

durch die Abschrägungen (34) an dem entgegengesetzten Ende der Fräterschneiden ausgebildet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß beim Fertigbearbeiten des Randes (R) der Linse (L) am Rand (R) eine Spitzfacette (S) mit zwei Flanken (K_1 , K_2) mittels eines Drehmeißels (36) des Kombinationswerkzeugs (10) erzeugt wird (Fig. 14), dessen Drehschneide hierfür eine V-förmige Aussparung (50) aufweist.

10

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß beim Fertigbearbeiten des Randes (R) der Linse (L) am Rand (R) eine Spitzfacette (S) mit zwei Flanken (K_1 , K_2) mittels eines Drehmeißels (36) des Kombinationswerkzeugs (10) erzeugt wird (Fig. 15, 16), dessen Drehschneide hierfür an beiden Enden jeweils eine Abschrägung (52, 54) aufweist, wobei zunächst die eine Flanke (K_2) der Spitzfacette (S) durch die Abschrägung (52) an einem Ende der Drehschneide ausgebildet wird und sodann die andere Flanke (K_1) der Spitzfacette (S) durch die Abschrägung (54) an dem anderen Ende der Drehschneide ausgebildet wird.

15

20

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß beim Fertigbearbeiten des Randes (R) der Linse (L) am Rand (R) eine Nut (N) mittels eines Drehmeißels (36) des Kombinationswerkzeugs (10) erzeugt wird (Fig. 19), dessen Drehschneide eine Breite (b) hat, die kleiner oder gleich der Breite der zu erzeugenden Nut (N) ist.

25

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Fertigbearbeiten des Randes (R) der Linse (L) am Rand (R) am Übergang zu wenigstens einer der beiden optisch wirksamen Flächen (O_1 , O_2) eine Schutzfase (F_1 , F_2) mittels eines Drehmeißels (36) des Kombinationswerkzeugs (10) erzeugt wird, dessen Drehschneide wenigstens an einem

30

35

Ende eine Abschrägung (52, 54) hat oder zwei einander benachbarte gerade Schneidenbereiche (56, 58) aufweist (Fig. 17, 18), die einen vorbestimmten Winkel miteinander einschließen.

5 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Fertigbearbeiten des Randes (R) einer Linse (L), die aus einem im Verhältnis weichen Kunststoff wie Polycarbonat besteht, wenigstens ein Teil des Randes (R) mittels eines Drehmeißels (36) poliert wird, dessen Span-
10 winkel (γ) negativ ist (Fig. 6) und/oder dessen an die Spanfläche (60) anschließender Bereich (62) der Freifläche (64) einen Freiwinkel (α) aufweist, der gleich Null ist oder annähernd Null beträgt (Fig. 5, 6).

15 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rand (R) der Linse (L) vor dem Vorbearbeiten des Randes (R) und/oder zwischen dem Vorbearbeiten und dem Fertigbearbeiten des Randes (R) im Hinblick auf Radianwerte ($r_B(\varphi_B)$) und ggf. Höhenwerte ($z_B(\varphi_B)$) vermessen
20 wird und das Vorbearbeiten bzw. das Fertigbearbeiten des Randes (R) unter Berücksichtigung der gemessenen Werte ($r_B(\varphi_B)$, $z_B(\varphi_B)$) erfolgt.

25 12. Kombinationswerkzeug (10) zur Randbearbeitung einer optischen Linse (L), namentlich einer Brillenlinse aus Kunststoff, insbesondere für die Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Grundkörper (20), an dem eine Mehrzahl von Fräuserschneiden (26, 28; 66, 68; 70; 72; 74) vorgesehen ist, die bei einer Drehung des Kombinations-
30 werkzeugs (10) um eine Werkzeugdrehachse (C) einen Flugkreis (38) definieren und mittels der die Linse (L) am Rand (R) insbesondere so vorbearbeitbar ist, daß die Linse (L) in der Draufsicht gesehen eine Umfangskontur (U) erhält, die ggf. bis auf ein geringfügiges Übermaß der Umfangskontur einer Fassung
35 für die Linse (L) entspricht, **dadurch gekennzeichnet, daß** am

Grundkörper (20) auch mindestens ein Drehmeißel (36) vorgesehen ist, der in Richtung der Werkzeugdrehachse (C) bezüglich der Fräterschneiden (26, 28; 66, 68; 70; 72) axial versetzt angeordnet ist oder auf axialer Höhe der Fräterschneiden (74) mit einer gegenüber dem Flugkreis (38) der Fräterschneiden (74) radial nach innen versetzten Drehschneide in Umfangsrichtung des Kombinationswerkzeugs (10) zwischen den Fräterschneiden (74) angeordnet ist, wobei der Drehmeißel (36) eine Schneidengeometrie aufweist, mittels der die Linse (L) am Rand (R) insbesondere so fertigbearbeitbar ist, daß die Linse (L) am Rand (R) entsprechend ihrer an der Fassung vorgesehenen Befestigung im Querschnitt gesehen eine vorbestimmte Randgeometrie aufweist und/oder mit einer Schutzfase (F_1 , F_2) am Übergang zu einer oder beiden optisch wirksamen Flächen (O_1 , O_2) versehen und/oder poliert ist.

13. Kombinationswerkzeug (10) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehmeißel (36) aus einer Gruppe ausgewählt ist, welche die folgenden Drehmeißel (36) umfaßt:

20 Drehmeißel (36), deren Drehschneide eine Breite (b) aufweist (Fig. 13), die größer ist als eine maximale Randdicke der damit zu bearbeitenden Linse (L) bzw. bearbeiteten Linse (L),

25 Drehmeißel (36), deren Drehschneide eine V-förmige Aussparung (50) zur Ausbildung einer Spitzfacette (S) auf dem Rand (R) der Linse (L) hat (Fig. 14),

Drehmeißel (36), deren Drehschneide an wenigstens einem Ende eine Abschrägung (52, 54) zur Ausbildung einer Flanke (K_1 , K_2) einer Spitzfacette (S) auf dem Rand (R) der Linse (L) (Fig. 15, 16) und/oder zum Anlegen einer Schutzfase (F_1 , F_2) am Rand (R) der Linse (L) aufweist,

30 Drehmeißel (36), deren Drehschneide eine Breite (b) hat, die kleiner oder gleich der Breite einer am Rand (R) der Linse (L) zu erzeugenden Nut (N) ist (Fig. 19),

Drehmeißel (36), deren Drehschneide zum Anlegen von Schutzfasen (F_1 , F_2) am Rand (R) der Linse (L) zwei einander benachbarte gerade Schneidenbereiche (56, 58) aufweist, die einen vorbestimmten Winkel miteinander einschließen (Fig. 17, 18), und

Drehmeißel (36) zum Polieren des Randes (R) einer aus einem im Verhältnis weichen Kunststoff wie Polycarbonat bestehenden Linse (L), die einen negativen Spanwinkel (γ) haben (Fig. 6) und/oder deren an die Spanfläche (60) anschließender Bereich (62) der Freifläche (64) einen Freiwinkel (α) aufweist, der gleich Null ist oder annähernd Null beträgt (Fig. 5, 6).

14. Kombinationswerkzeug (10) nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß am Grundkörper (20) mehrere Drehmeißel (36) vorgesehen sind, die vorzugsweise gleichmäßig über den Umfang des Grundkörpers (20) verteilt sind.

15. Kombinationswerkzeug (10) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehmeißel (36) lösbar am Grundkörper (20) befestigt ist.

16. Kombinationswerkzeug (10) nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Fräuserschneiden (26, 28; 66, 68; 70) jeweils in einer Draufsicht mit Blickrichtung senkrecht zur Werkzeugdrehachse (C) gesehen bezüglich der Werkzeugdrehachse (C) geneigt verlaufen.

17. Kombinationswerkzeug (10) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß in Umfangsrichtung benachbarte Fräuserschneiden (70) bezüglich der Werkzeugdrehachse (C) in entgegengesetzten Richtungen geneigt verlaufen und die entgegengesetzt geneigten Fräuserschneiden (70) alternierend am Umfang des Grundkörpers (20) angeordnet sind.

18. Kombinationswerkzeug (10) nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Fräterschneiden (26, 28; 66, 68) jeweils mit einer V-förmigen Aussparung (30) zur Ausbildung einer Spitzfacette (S) auf dem Rand (R) der Linse (L) versehen sind, wobei die V-förmigen Aussparungen (30) der Fräterschneiden (26, 28; 66, 68) in Richtung der Werkzeugdrehachse (C) auf gleicher axialer Höhe angeordnet sind.

19. Kombinationswerkzeug (10) nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Fräterschneiden (26, 28; 66, 68) wenigstens an einem Ende jeweils mit einer Abschrägung (32, 34) zur Ausbildung einer Flanke (K_1 , K_2) einer Spitzfacette (S) auf dem Rand (R) der Linse (L) und/oder zum Anlegen einer Schutzfase (F_1 , F_2) am Rand (R) der Linse (L) versehen sind, wobei die Abschrägungen (32, 34) der Fräterschneiden (26, 28; 66, 68) in Richtung der Werkzeugdrehachse (C) auf gleicher axialer Höhe angeordnet sind.

20. Vorrichtung zur Randbearbeitung einer optischen Linse (L), namentlich einer Brillenlinse aus Kunststoff, insbesondere für die Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 unter Verwendung eines Kombinationswerkzeugs (10) insbesondere nach einem der Ansprüche 12 bis 19, mit zwei fluchtenden, um eine Werkstückdrehachse (B) im Drehwinkel (φ_B) geregelt drehbaren Haltewellen (14, 16), zwischen denen die Linse (L) einspannbar ist, und einer Werkzeugspindel (12), mittels der das Kombinationswerkzeug (10) um eine Werkzeugdrehachse (C) drehend antreibbar ist, die zu der Werkstückdrehachse (B) im wesentlichen parallel verläuft, wobei die Haltewellen (14, 16) und die Werkzeugspindel (12) lagegeregelt in einer ersten Achsrichtung (X) aufeinander zu und ggf. in einer rechtwinklig zur ersten Achsrichtung (X) verlaufenden zweiten Achsrichtung (Z) parallel zueinander bewegbar sind, **dadurch gekennzeichnet, daß** für eine Drehbearbeitung des zu bearbeitenden Randes (R) der Linse (L) das Kombinationswerk-

zeug (10) mittels der Werkzeugspindel (12) im Drehwinkel (φ_c) geregelt um die Werkzeugdrehachse (C) verschwenkbar ist, so daß ein am Kombinationswerkzeug (10) vorgesehener Drehmeißel (36) mit dem zu bearbeitenden Rand (R) in einen definierten

5 Drehbearbeitungseingriff bringbar ist.

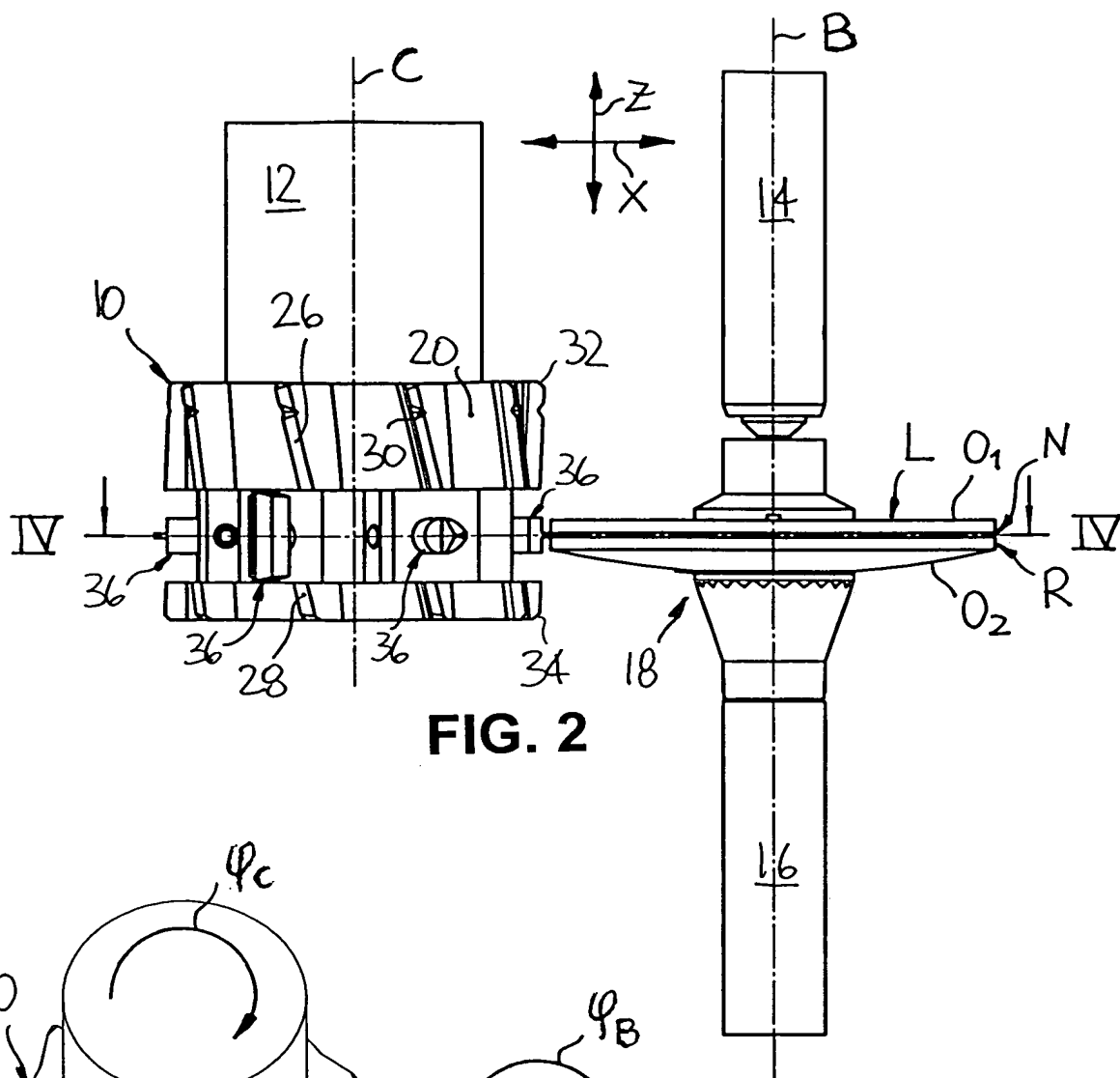


FIG. 2

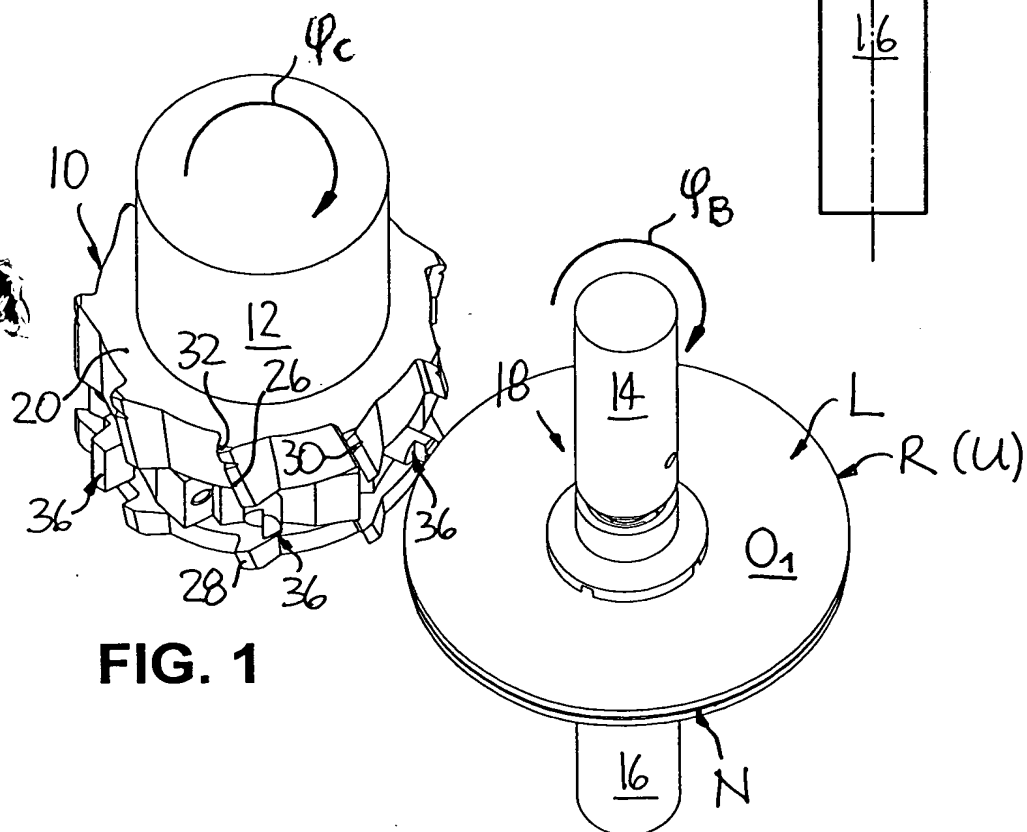


FIG. 1

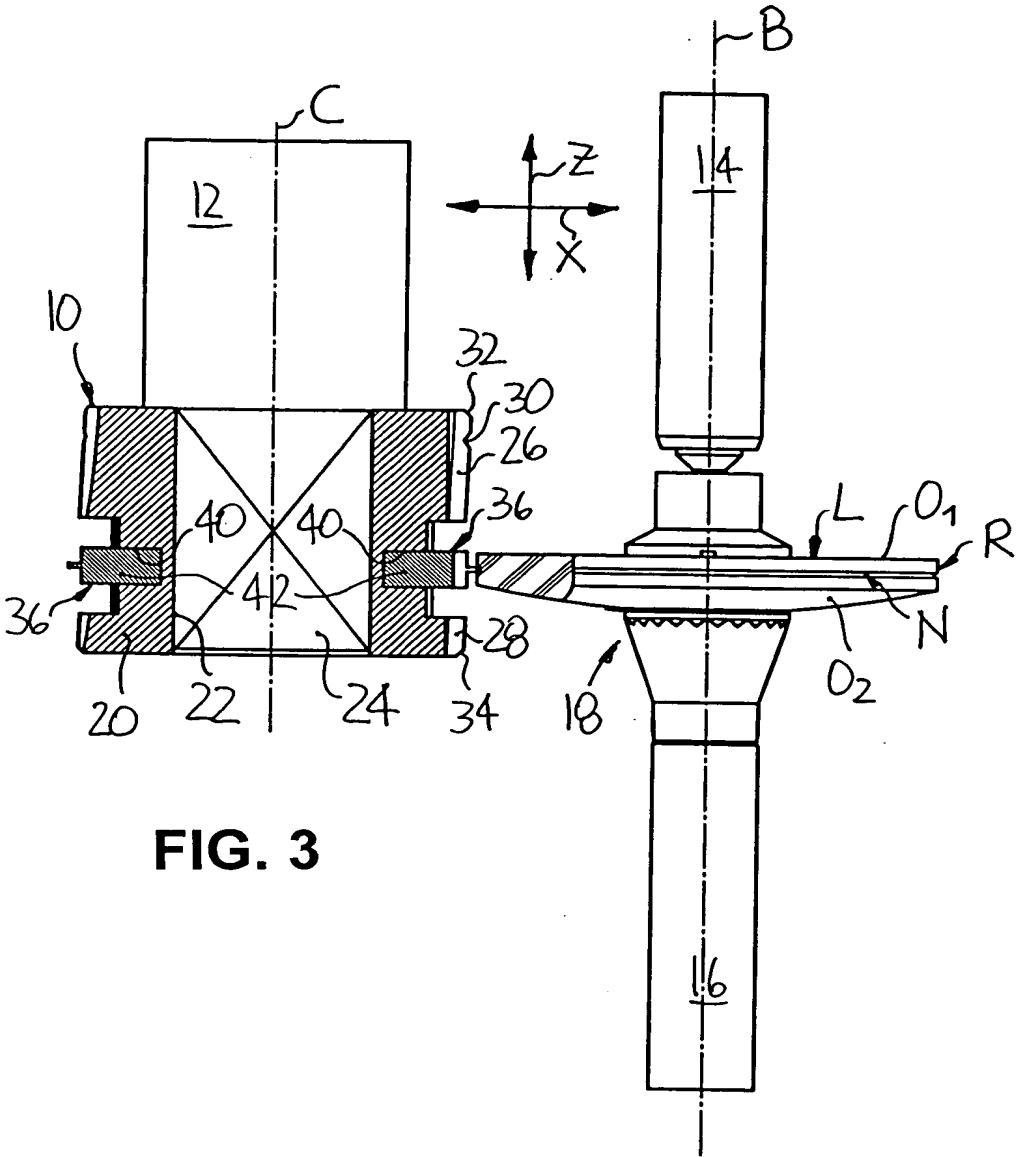


FIG. 3

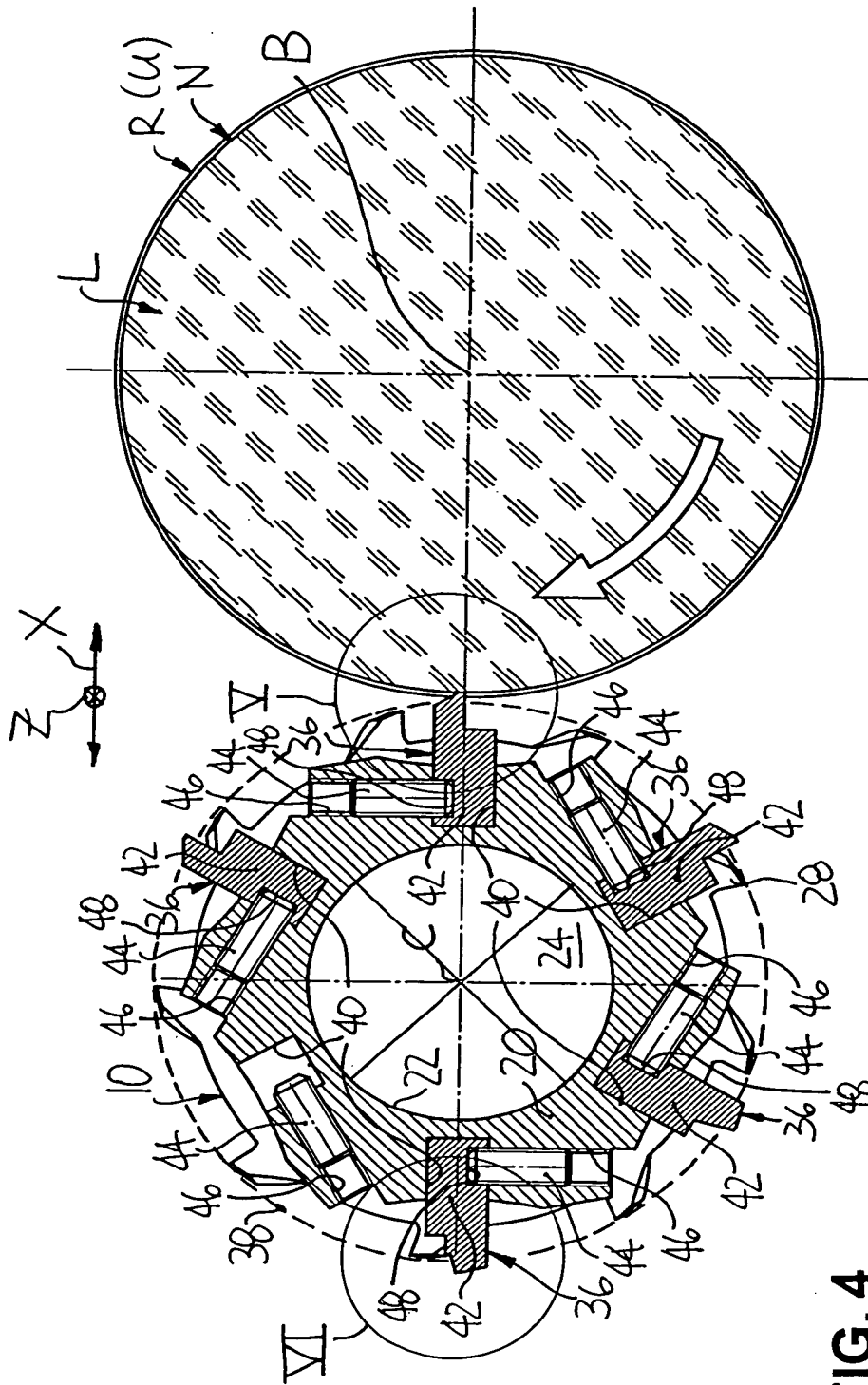


FIG. 4

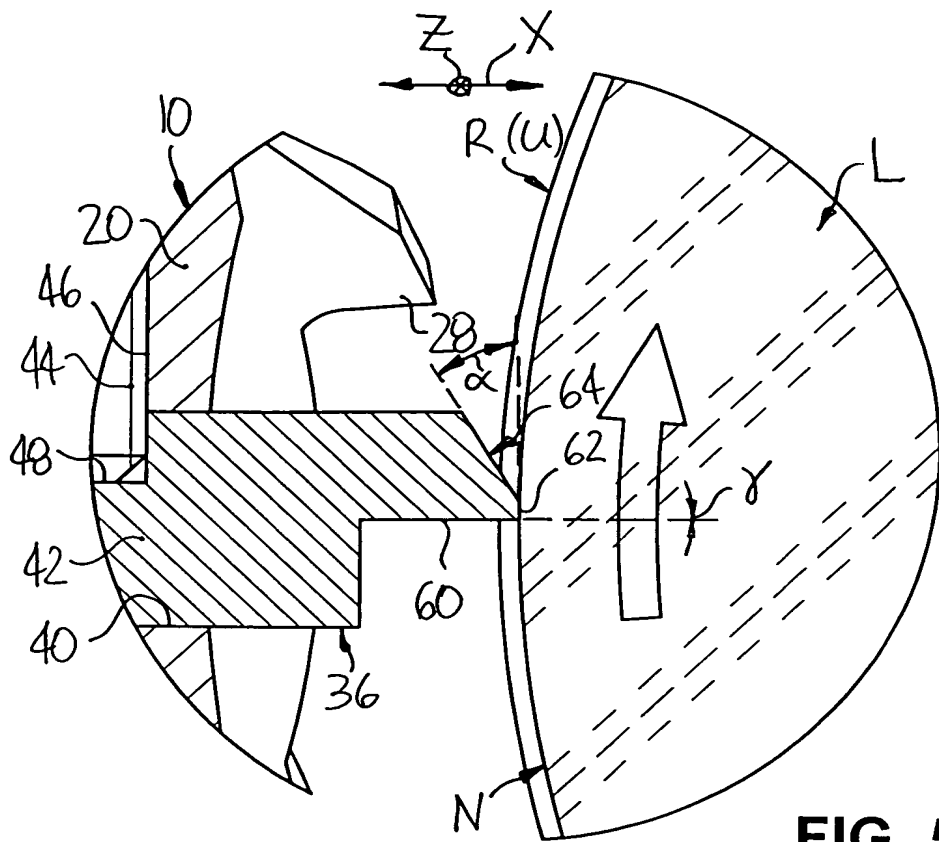


FIG. 5

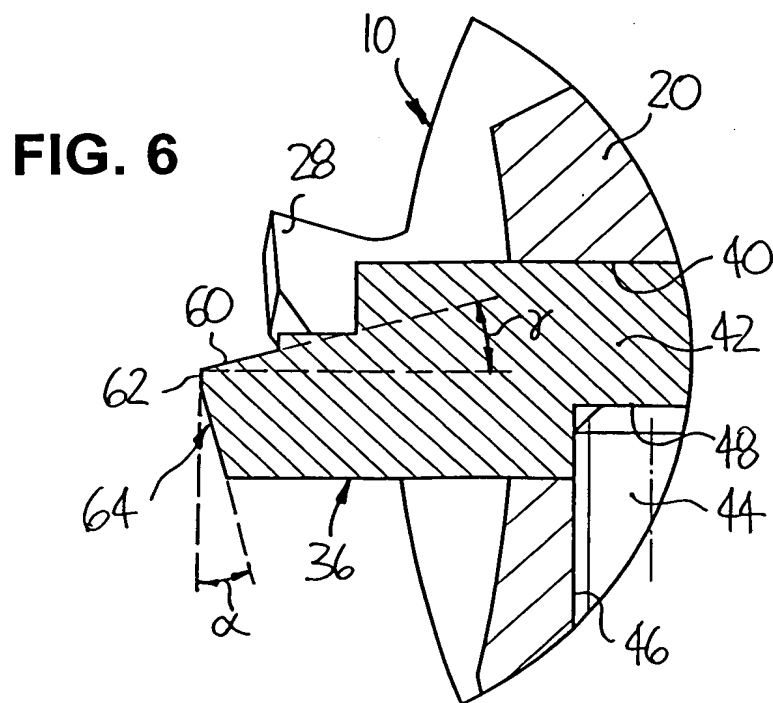
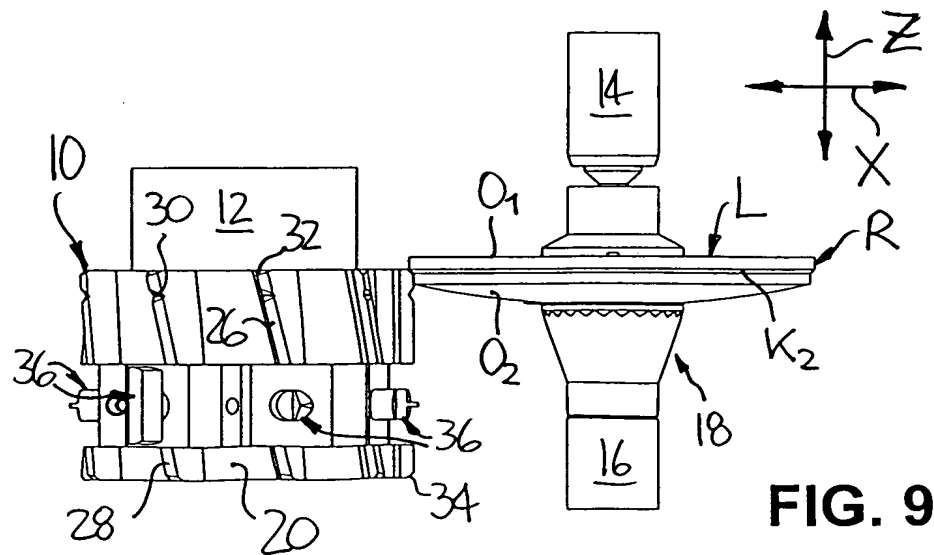
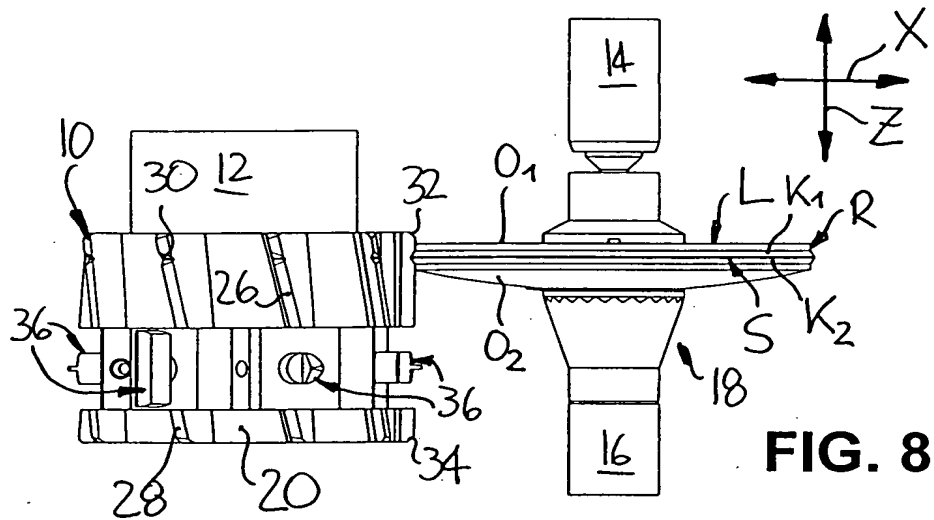
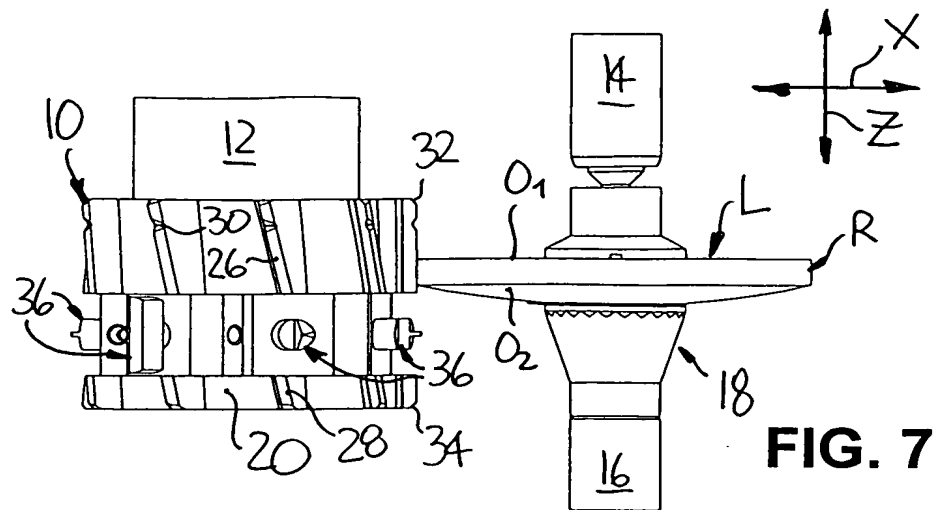
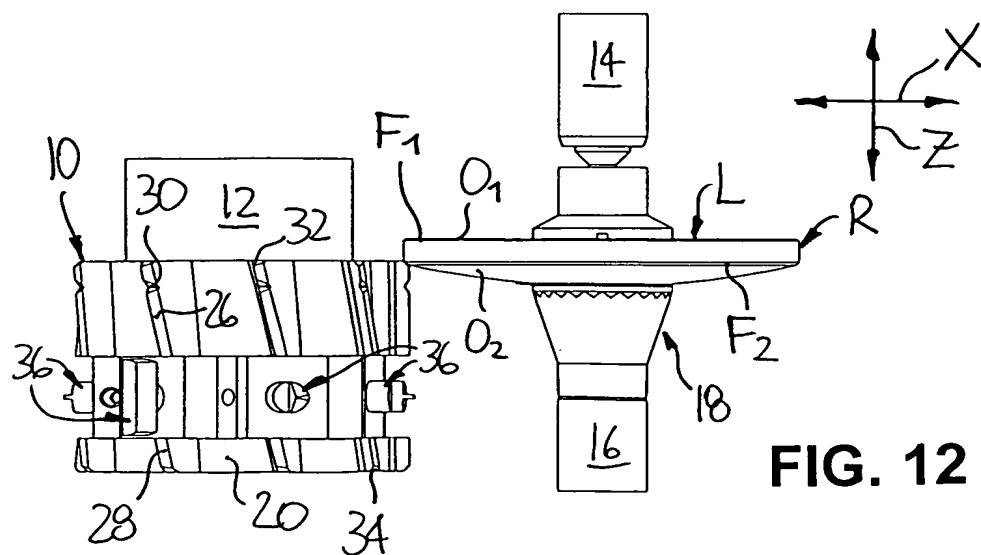
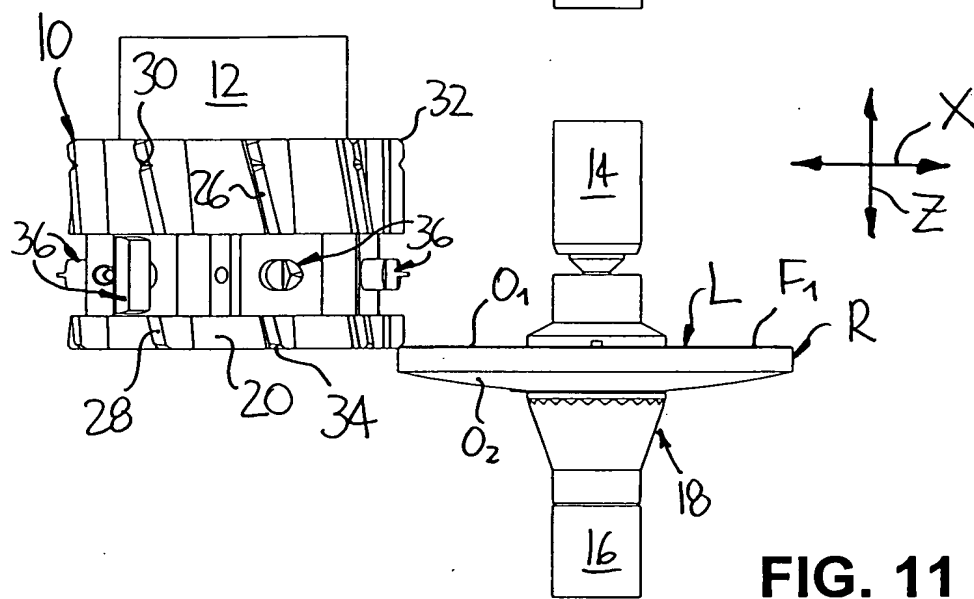
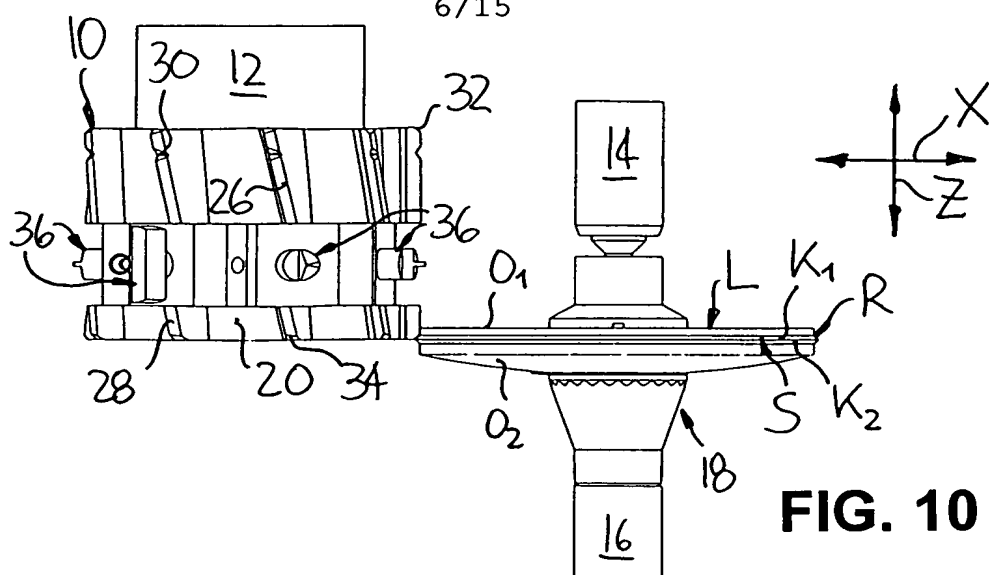
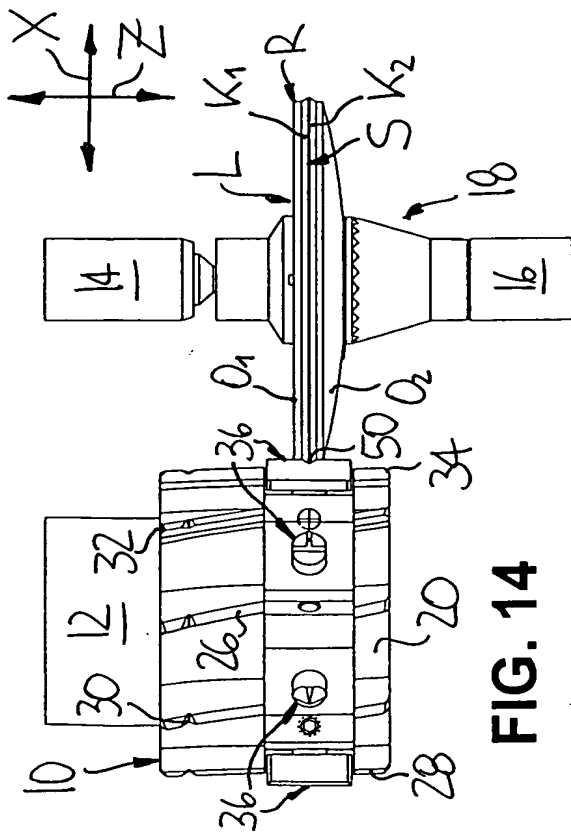
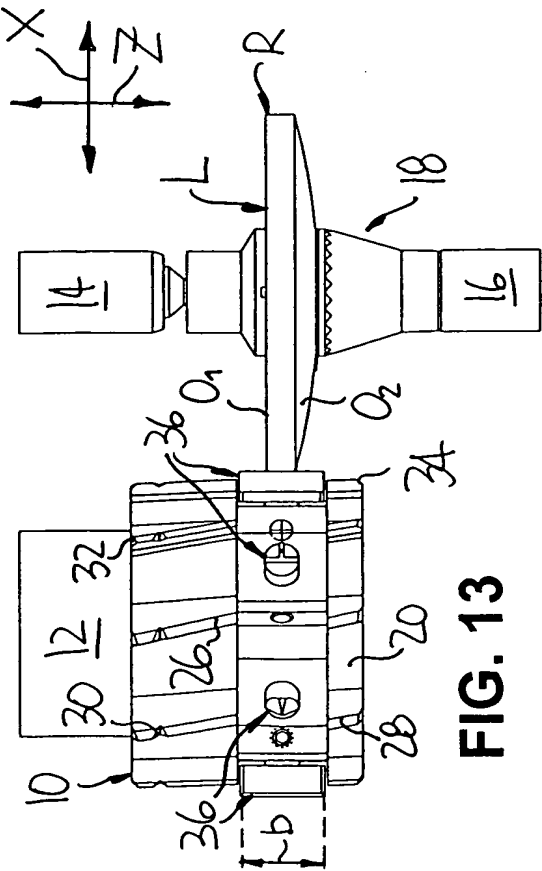
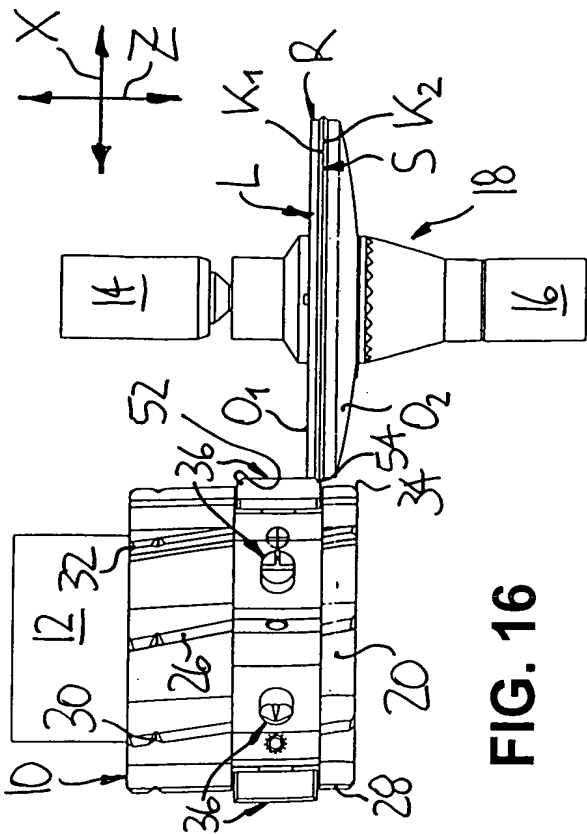
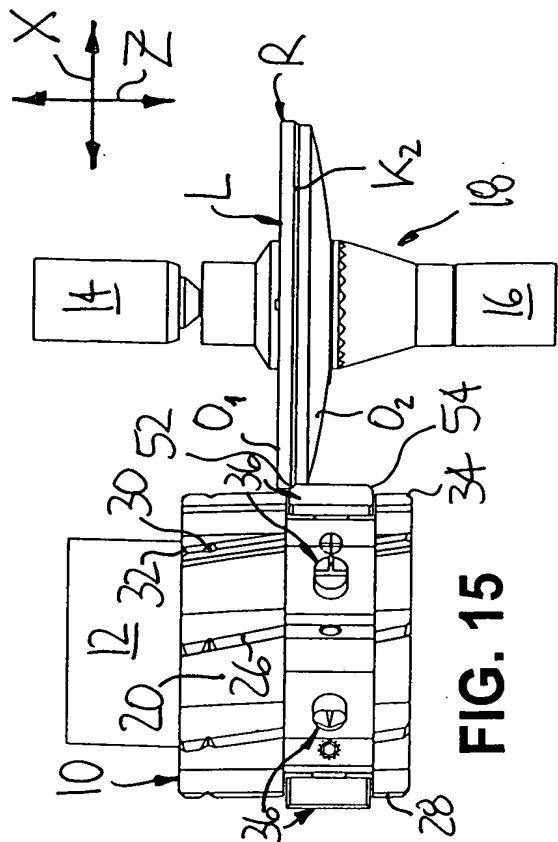


FIG. 6



6/15





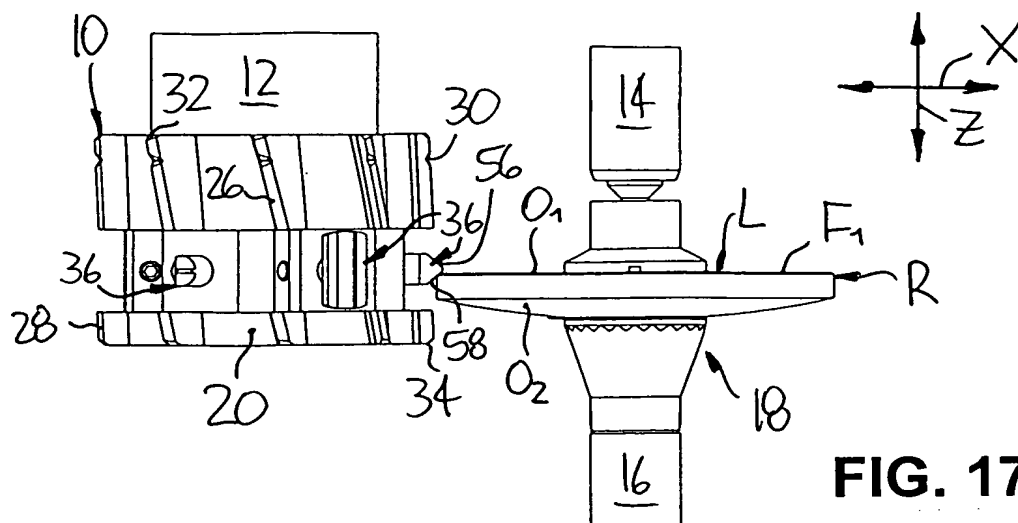


FIG. 17

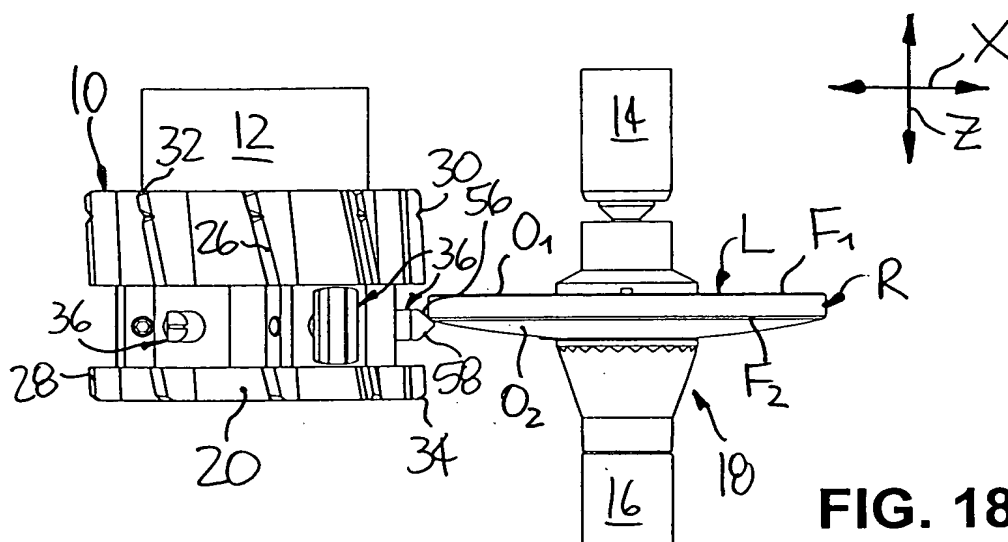


FIG. 18

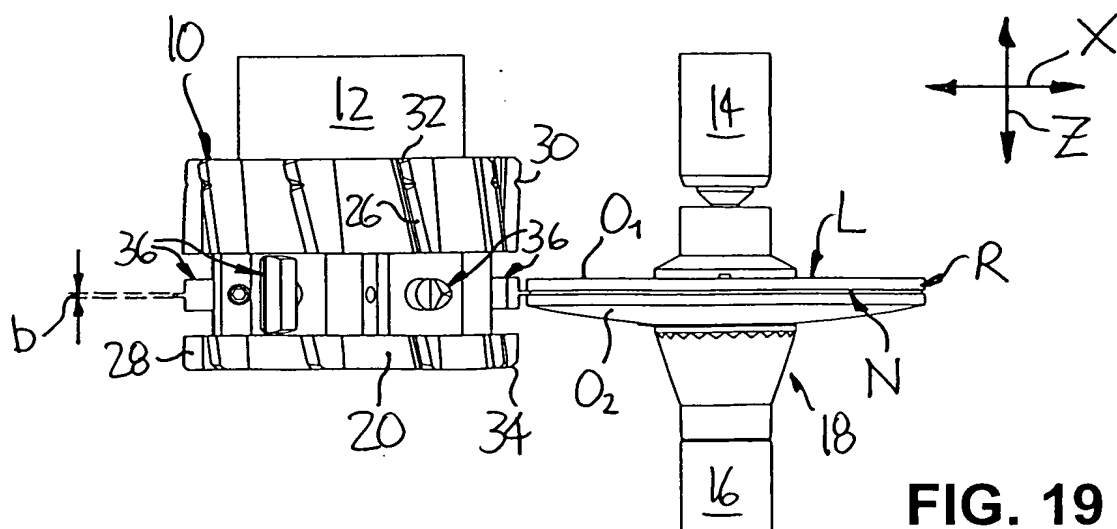


FIG. 19

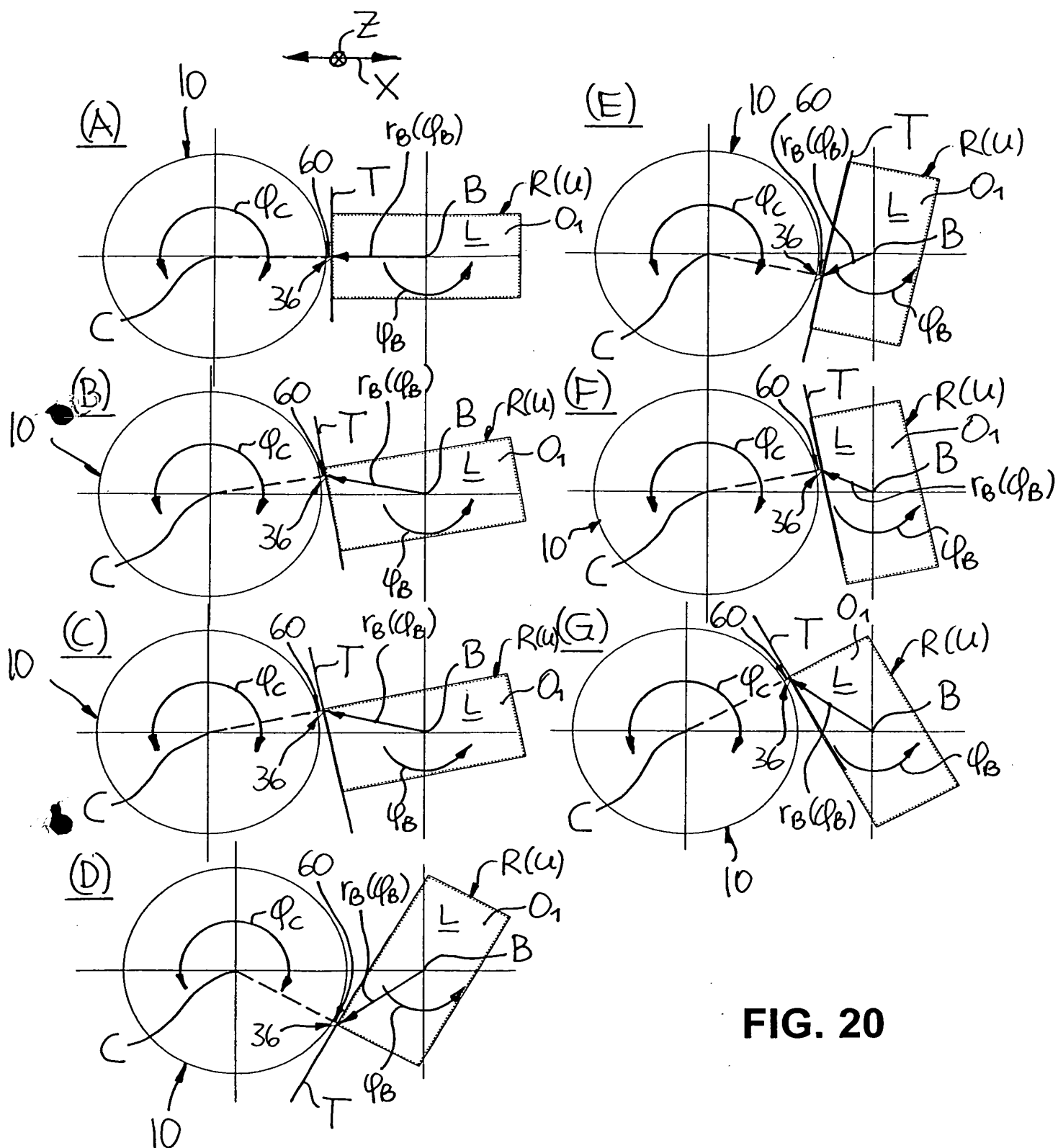


FIG. 20

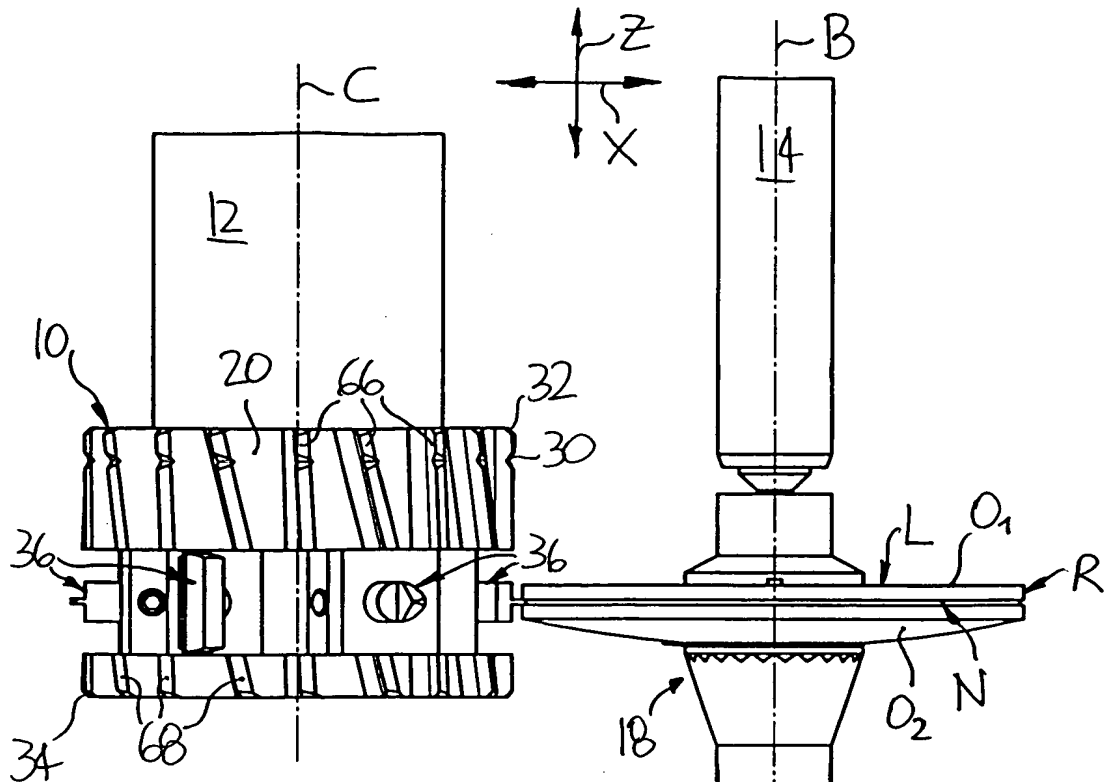


FIG. 22

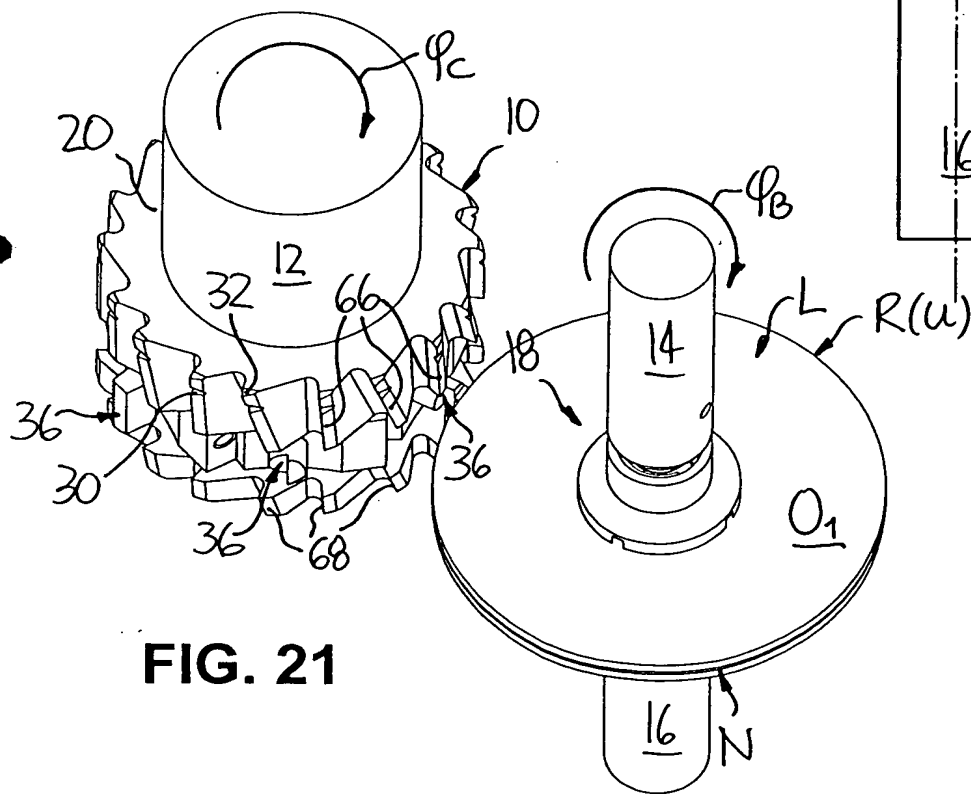
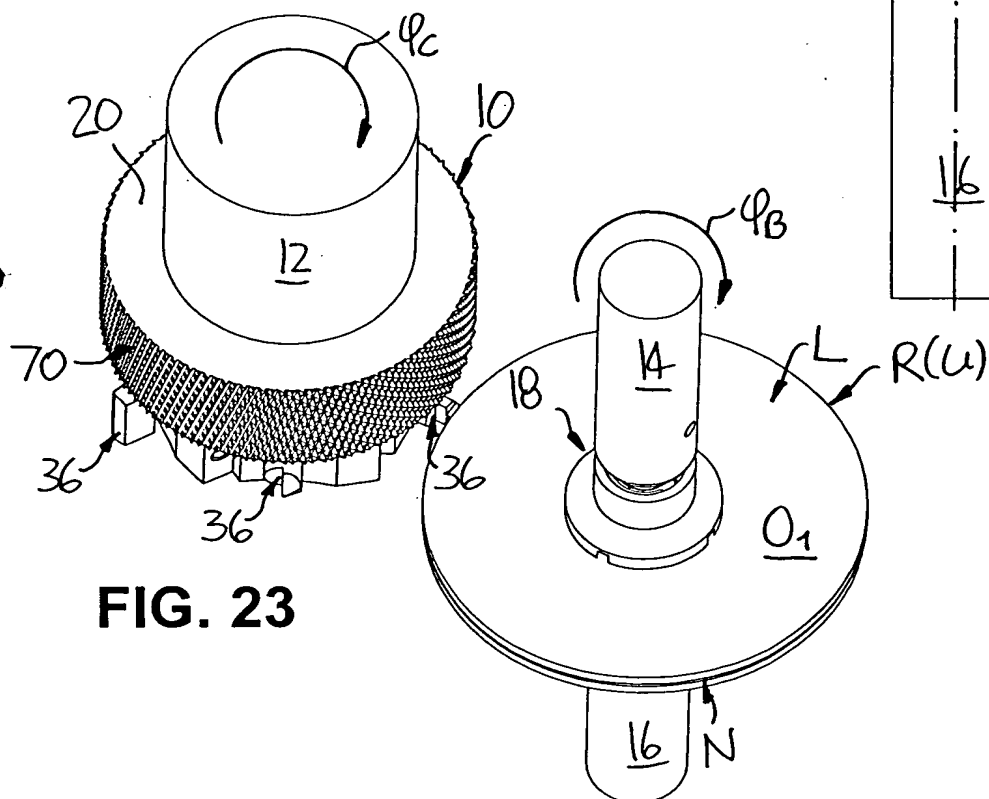
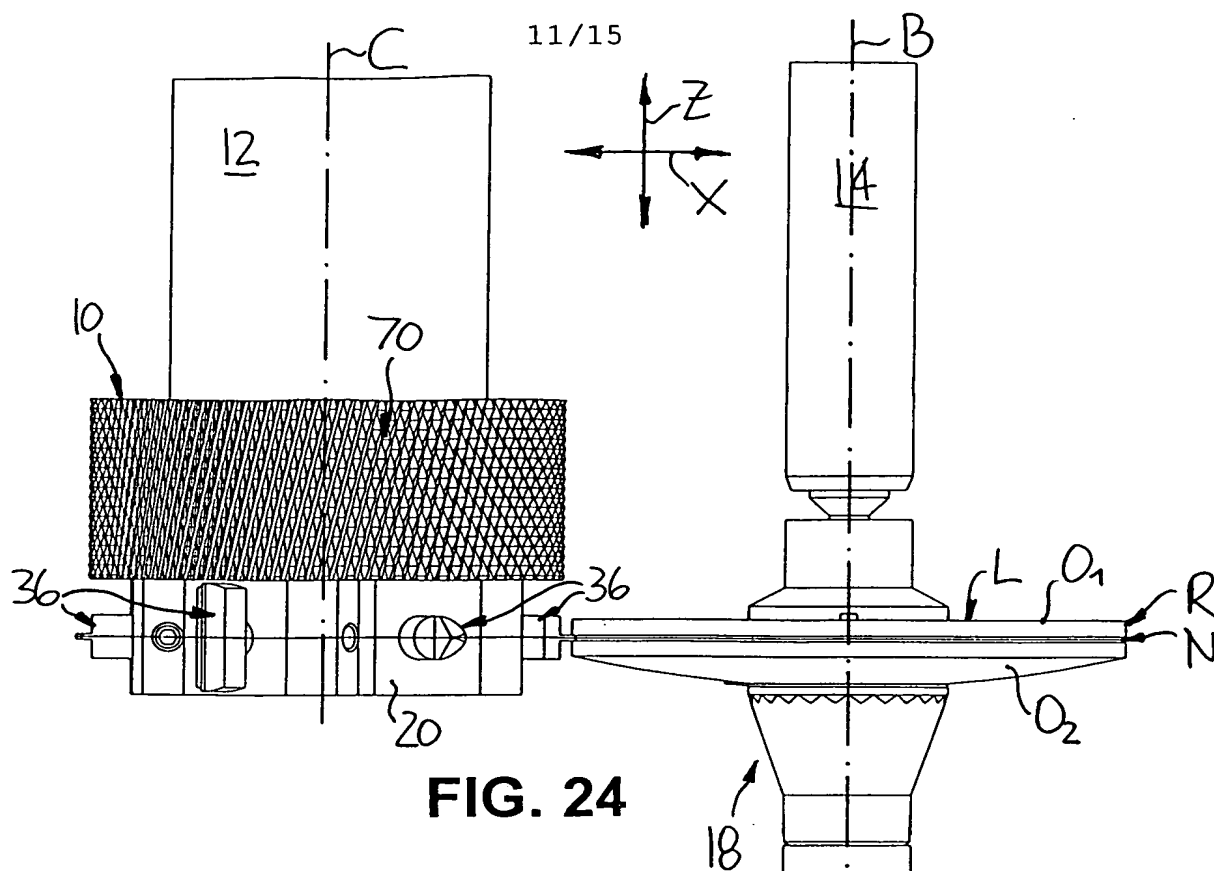
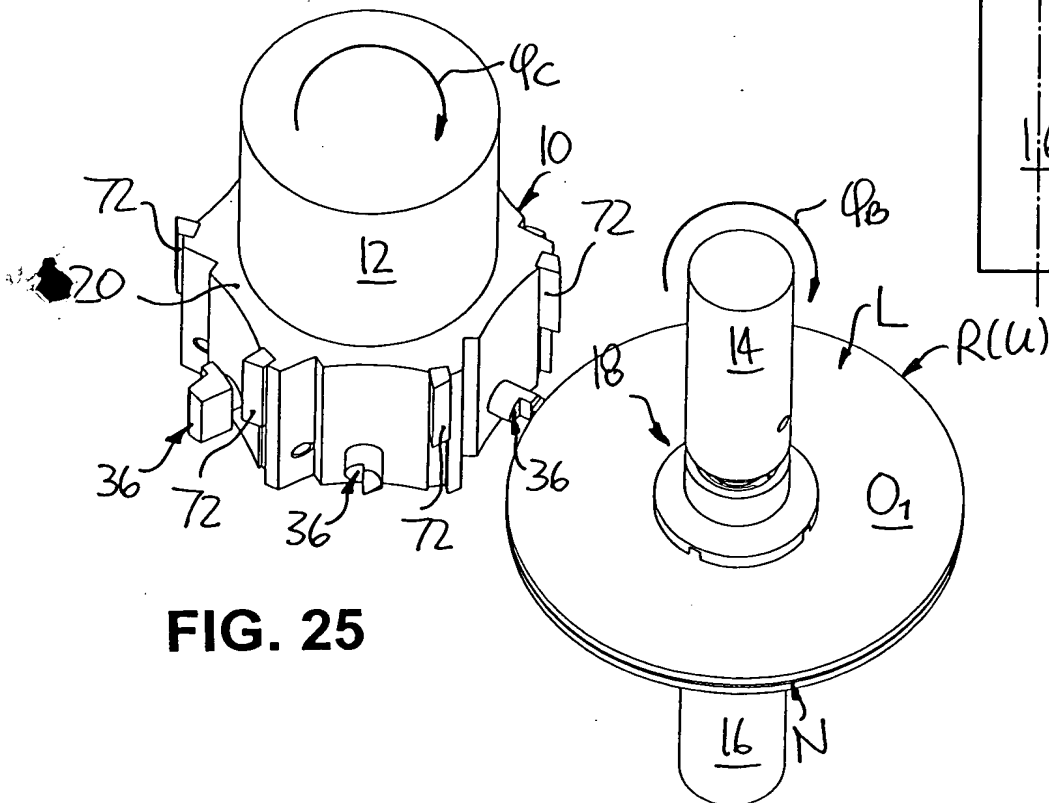
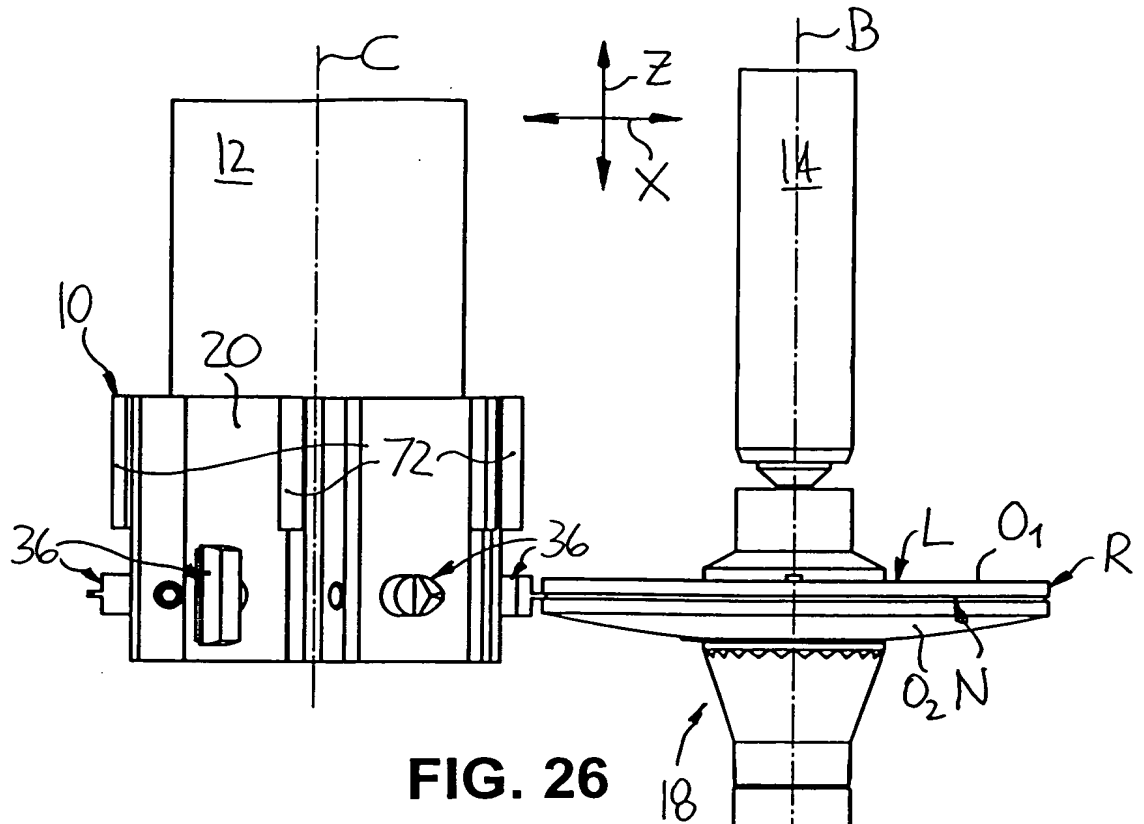
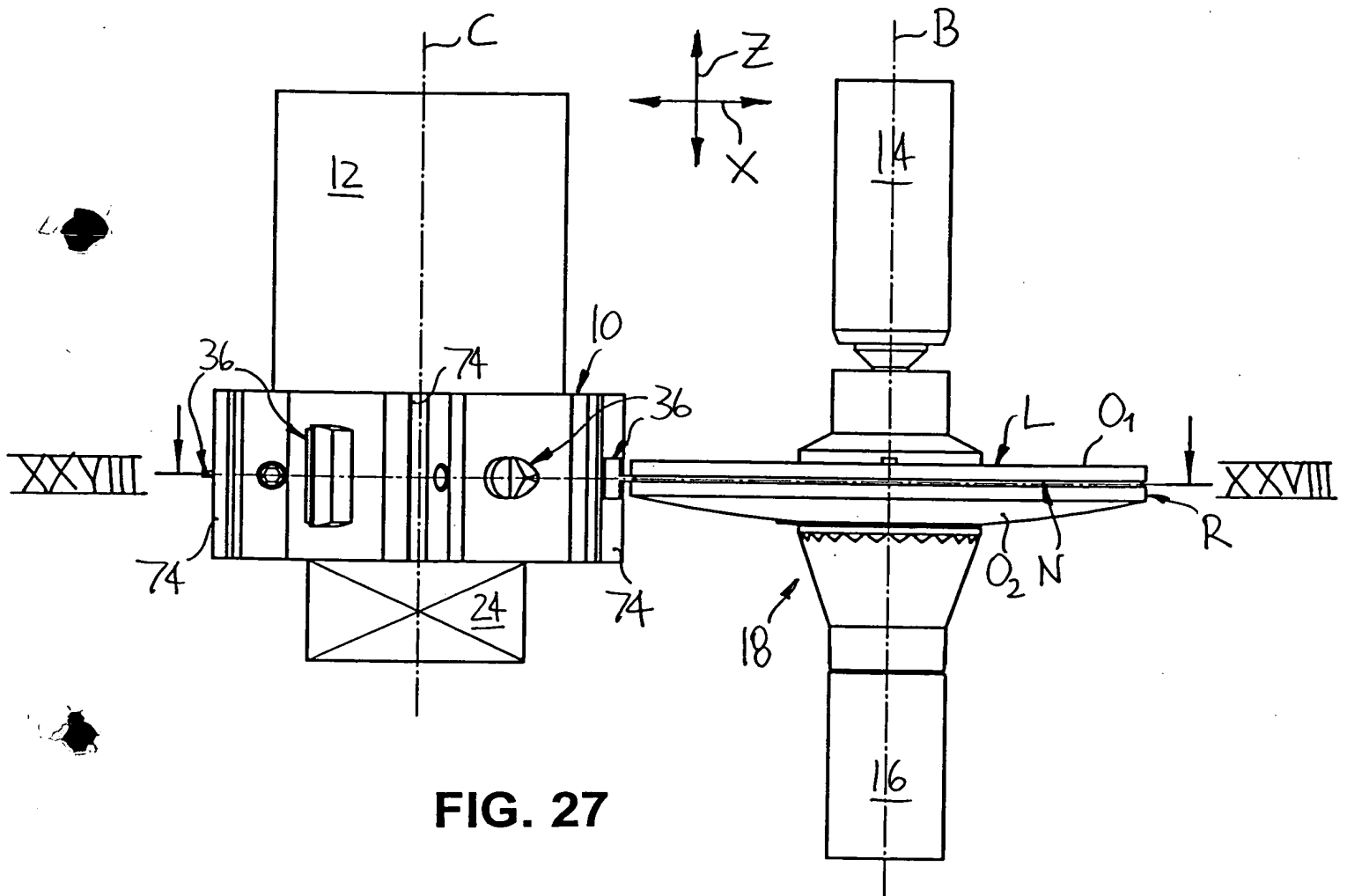


FIG. 21

11/15







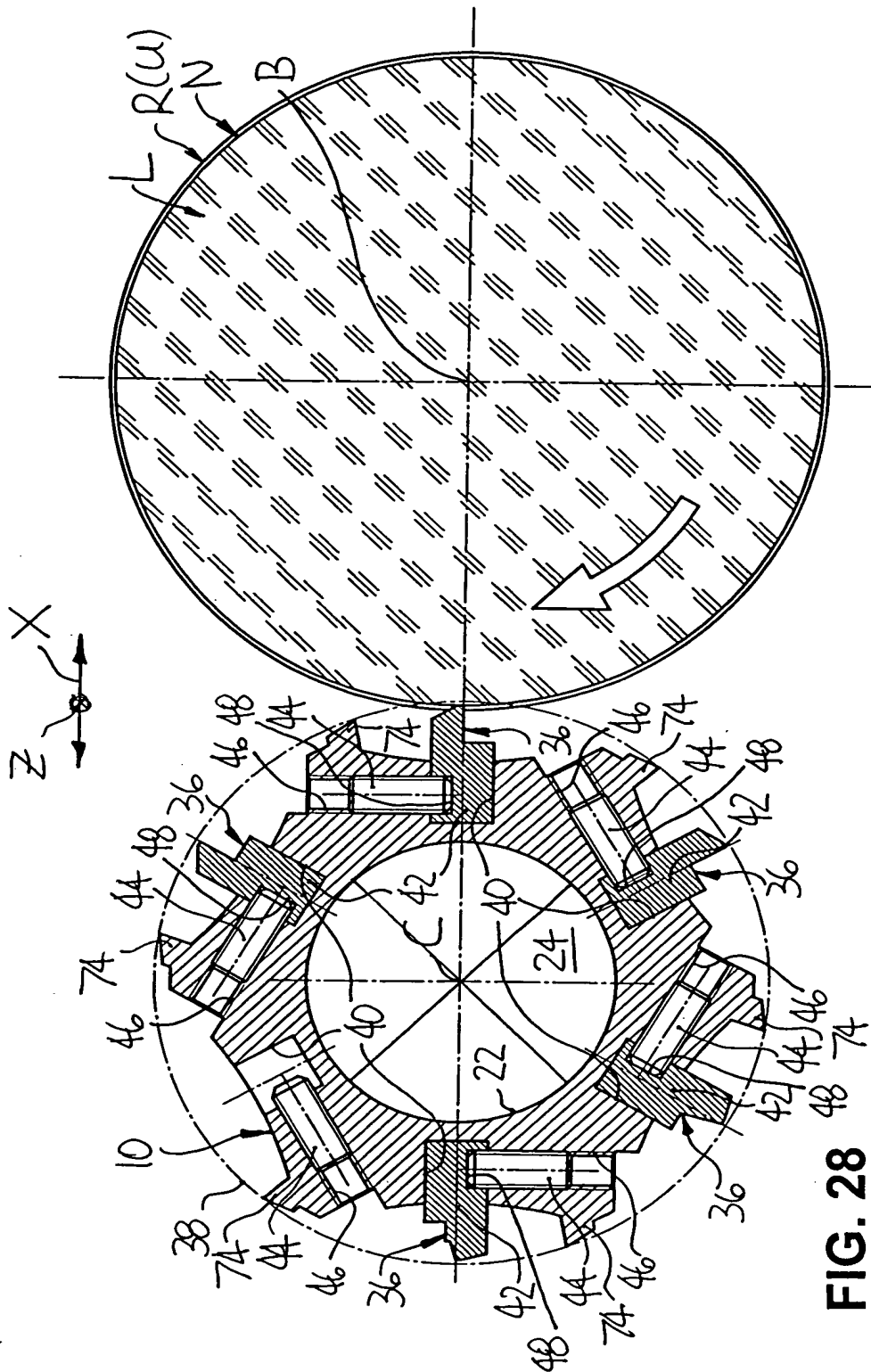


FIG. 28

